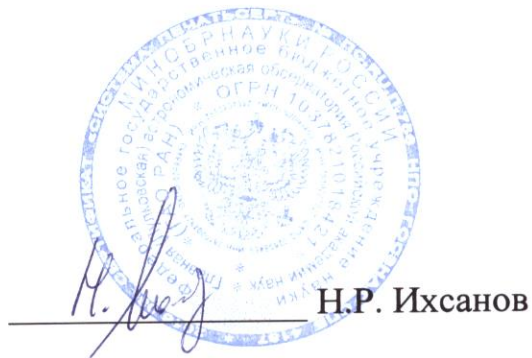


**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория  
Российской академии наук (ГАО РАН)**

Принято на заседании Ученого совета  
протокол от 28.09.20 № 5

УТВЕРЖДАЮ  
директор ГАО РАН



Н.Р. Ихсанов

## **ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**с/к «Нейронные сети в астрономии»**

**направление подготовки – 03.06.01 «Физика и Астрономия»**

**профиль – 01.03.01 «Астрометрия и небесная механика»**

**01.03.02 «Астрофизика и звездная астрономия»**

**01.03.03 «Физика Солнца»**

Вариативная часть ООП

Факультативная дисциплина

Трудоемкость (границы трудоемкости) в зачетных единицах: 3

Форма отчетности аспирантов: устный дифференцированный зачет

Форма обучения: очная/ заочная

Квалификация: **Исследователь. Преподаватель-исследователь.**

Санкт – Петербург  
2020 г.

## Раздел 1. Характеристики учебной программы

### 1.1. Цели и задачи учебных занятий:

Краткий курс «Нейронные сети в астрономии» является кратким введением в вычисления на искусственных нейронных сетях (ИНС). Он предназначен для обучающихся, которые хотят понять, что могут и чего не могут ИНС и, возможно, сами предполагают использовать методы нейрокомпьютинга в своих исследованиях. Целями обучения по данному курсу являются: получение знания основ нейрокомпьютинга, подготовка аспирантов к выполнению самостоятельных научных исследований в области астрономии.

### 1.2. Требования к подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты):

Курс предполагает знания университетского курса математики.

### 1.3. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Нейронные сети в астрономии» входит в вариативную часть учебного плана подготовки аспирантов и является факультативной дисциплиной по профилям 01.03.01 «Астрометрия и небесная механика», 01.03.02 «Астрофизика и звездная астрономия», 01.03.03 «Физика Солнца». Дисциплина осваивается аспирантами в 3 учебном году. Изучение данной дисциплины и специфика подачи отдельных вопросов может варьироваться в зависимости от индивидуального плана работы аспиранта, согласованного с его научным руководителем в целях оптимального соответствия решаемым задачам.

### 1.4. Перечень результатов обучения:

УК-1, УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, ОПК-1, ПК-1/ ПК-2/ ПК-3

### 1.5. Язык преподавания

Русский

## Раздел 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1. Объем и структура учебных занятий:

Общая трудоемкость курса 3 з.е. На ее изучение отводится 108 ак. часа (26 часов аудиторной работы, 82 часа отводится на самостоятельную работу, в том числе 26 — на подготовку к текущей и промежуточной аттестации). Форма промежуточной аттестации – дифференцированный зачет.

Вид учебной работы	Трудоемкость (в ак. часах)
Аудиторные занятия	
Лекции	20
Практические занятия	6
Внеаудиторные занятия	
Самостоятельная работа аспиранта	82
<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>
Вид итогового контроля	Дифференцированный зачет



## 2.2. Содержание учебных занятий:

### 2.2.1 Аудиторные занятия

- Лекция 1. История нейрокомпьютинга. Нейронные сети, формальный нейрон, сеть Мак-Калоча-Питтса, Персептрон Розенблатта.
- Лекция 2. Обучение без учителя. Победитель забирает все. Карта самоорганизации Кохонена. Клеточные автоматы. Теорема Мура о Райском Саде.
- Лекция 3. Нейросетевая аппроксимация функций многих переменных. Множество существование и Чебышевское множество. Представление функций многих переменных: теорема Колмогорова, теорема Стоуна-Горбана.
- Лекция 4. Правило обучения Хебба. Модель Хопфилда и ее обобщение. Комбинаторная оптимизация. Машина опорных векторов.
- Лекция 5. Обучение методом обратного распространения ошибок. Быстрое дифференцирование. Статистическая теория обучения. Переобучение. Метод отжига. Марковские случайные поля и алгоритмы Метрополиса.
- Лекция 6. Нейросетевые архитектуры. Сверточные сети. Графовые сети. Сети клеточной топологии.
- Лекция 7. Демоны Селдриджа и глубокое обучение. Мифы и реальность.
- Лекция 8-9. Нейросетевое предсказание временных рядов. Проклятие размерности.
- Лекция 10. Универсальный аппроксиматор и Искусственный интеллект.

### 2.2.2. Практические занятия

1. Введение в тензора PyTorch, визуализация матричных преобразований. Базовый блок нейронной сети
2. Градиентный спуск, обратное распространение ошибки, настройка параметров обучения нейронной сети. Многослойный персептрон.
3. Основные архитектуры для работы с изображениями и последовательностями. Реализации в pytorch. Приложение к анализу магнитограмм.

### 2.2.3. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме повторение лекционного материала по темам, чтение рекомендованной литературы и научной периодики. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся должны широко использовать библиотечные фонды ГАО РАН, электронные ресурсы Интернета, доступ к которым им обеспечен. На программу самостоятельной работы по курсу выделяется 82 часа, в том числе на подготовку к текущей и промежуточной аттестации — 26 часов.

## Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

### 3.1. Методическое обеспечение:

#### 3.1.1. Методическое обеспечение самостоятельной работы:

Учебный процесс обеспечивается наличием учебной и учебно-методической литературы и доступом к иным библиотечно-информационным ресурсам, что гарантирует возможность качественного освоения аспирантом образовательной программы. ГАО РАН располагает библиотекой, включающей научно-техническую литературу по дисциплине,

журналы с научными статьями и материалами симпозиумов и конференций, а также имеет договор с БАН. Аспирантам предоставляются компьютеры с доступом к сети Интернет и доступ к постоянной электронной подписке ГАО РАН на ведущие научные журналы.

### 3.1.2. Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерий оценивания:

Виды текущего контроля: проверка качества усвоения знаний проводится как в устной, так и в письменной форме: конспекты, беседы по прочитанной литературе, подготовка и обсуждение вопросов в соответствии с темами занятий.

Форма промежуточной аттестации – дифференцированный зачет в виде устного ответа. Три вопроса, время на подготовку – один астрономический час.

### 3.1.3. Методические материалы для проведения промежуточной аттестации:

*Примерный список вопросов для промежуточной аттестации:*

- Обучение без учителя: Сети Кохонена и задачи кластеризации.
- Анализ главных компонент. Машина опорных векторов.
- Сеть Хопфилда и спиновые стекла. Энергия сети. Ассоциативная память.
- Обучение с учителем. Запоминание последовательности образов. Выделение прототипов.
- Перцептроны. Аппроксимация многомерных функций. Возможности перцептронов.
- Обучение с обратным распространением ошибок. Эффект обобщения и переобучения.
- Клеточные автоматы. Примеры применения.
- Задачи прогноза и нейронные сети.
- Проклятие размерностей.
- Искусственный интеллект: тезис Черча-Тьюринга.

### Критерии оценки промежуточной аттестации:

Оценка	Оценка	Процент	Критерий
Зачет	5	90-100	Ответ полный, соответствует поставленному вопросу, логично и последовательно изложен. В нем проявляется самостоятельность мышления отвечающего, умение интегрировать знания из разных областей знания, умение соотносить теоретический материал с практикой.
	4	82-89	Ответ полный, соответствует поставленному вопросу, логично и последовательно изложен. В нем проявляется самостоятельность мышления отвечающего, умение интегрировать знания из разных областей знания, не всегда проявляется умение соотносить теоретический материал с практикой.
		75-81	Ответ в достаточной степени соответствует поставленному вопросу, логично и последовательно изложен. Аспиранту не всегда удается интегрировать знания из разных областей знания для полного освещения вопроса.



	3	67-74	Частичное раскрытие содержания вопроса.
		60-66	Демонстрация общего понимания курса.
Незачет		менее 60	Незнание материала курса.

**Критерии оценки уровня освоения универсальных и общепрофессиональных умений (компетенций):**

Уровень освоения	Расшифровка
<p>Базовый (обязательный для всех слушателей – аспирантов по завершении освоения ООП)</p>	<p>Аспирант способен к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p> <p>Готов участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач, готов использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках.</p>
<p>Продвинутый</p>	<p>Аспирант способен выбирать и обосновывать методики и средства решения поставленных задач. Способен планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития, в том числе с применением информационно-коммуникационных технологий.</p>

**Критерии оценки уровня освоения профессиональных умений (компетенций):**

Уровень освоения	Расшифровка
<p>Базовый (обязательный для всех слушателей – аспирантов по завершении освоения ООП)</p>	<p>Аспирант способен самостоятельно получать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследования; выбирать и обосновывать методики и средства решения поставленных задач.</p> <p>Владеет современными методами проведения фундаментальных научных исследований, навыками анализа, обобщения и публичного представления результатов выполненных научных исследований.</p> <p>Свободно пользуется библиотечными и электронными ресурсами для совершенствования знаний.</p>
<p>Продвинутый</p>	<p>Аспирант в большей степени способность и готовность к организации проведения фундаментальных научных исследований в области физики и астрономии с использованием современных методов и тех-</p>

нологий.

По своим должностным обязанностям может решать проблему, принимать стратегические, в т.ч. организационно-управленческие решения.

## 3.2. Кадровое обеспечение

Преподаватель – кандидат или доктор физ.-мат. наук по специальностям 01.03.01 «Астрометрия и небесная механика», 01.03.02 «Астрофизика и звездная астрономия» или 01.03.03 «Физика Солнца».

## 3.3. Материально-техническое обеспечение:

3.3.1. В лекционной аудитории имеется возможность подключения медиапроектора, компьютера/ноутбука, а также имеется экран и маркерная доска.

3.3.2. Телескопы ГАО РАН и горной астрономической станции ГАО РАН в Кисловодске.

3.3.3. Научная литература: постоянная электронная подписка организации на ведущие журналы; научная литература, хранящаяся в БАН.

3.3.4. Читальный зал для самостоятельной работы аспиранта

3.3.5. Аудитория для самостоятельной работы аспирантов обеспечена компьютерами с выходом в Интернет.

## 3.4. Информационное обеспечение:

1. Нейроинформатика сб. А.Н.Горбань, В.Л.Дунин-Барковский, А.Н.Кирдин и др. — Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. — 296 с.( гл. 1, п. 4, 5; гл. 2; гл. 3)
2. Горбань А.Н. Обобщенная аппроксимационная теорема и вычислительные возможности нейронной сети // Сибирский журнал вычис. математики. — 1998. — Т. 1. — С. 11-24.
3. Girosi F., Poggio T. Networks and the best approximation property // Biol. Cybern. — 1990 — V.63 — P. 169 — 176.
4. Ежов А.А., Шумский С.А. Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе (2-6; 10) // <http://neurolectures.narod.ru>
5. Bishop Neural Networks for Pattern Recognition (3,4,9).
6. Макаренко Н. Эмбедология и нейропрогноз// <http://neurolectures.narod.ru/2003/Makarenko-2003.pdf>
7. Терехов С.А. Гениальные комитеты умных машин/ [/http://neurolectures.narod.ru/2007/Terekhov-2007.pdf](http://neurolectures.narod.ru/2007/Terekhov-2007.pdf)
8. Шумский С.А. Байесова регуляризация обучения.// <http://neurolectures.narod.ru>
9. Терехов С.А. Нейросетевые аппроксимации плотности распределения вероятности в задачах информационного моделирования.// <http://neurolectures.narod.ru>
10. Терехов С.А. Вейвлеты и нейронные сети// <http://neurolectures.narod.ru/http://neurolectures.narod.ru>
11. Шумский С.А. Самоорганизующиеся нейронные сети// <http://neurolectures.narod.ru/http://neurolectures.narod.ru/>
12. Tyukin I.Y., Gorban A.N. et al. Blessing of dimensionality at the edge// arXiv preprint: arXiv:1910.00445