

**Программа учебной дисциплины «Научно-исследовательский семинар  
«Нейросетевые технологии»»**

Утверждена  
Академическим советом ООП  
Протокол № от «\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_ г.

Автор	Пантюхин Д.В., ст. преп.
Число кредитов	3
Контактная работа (час.)	56
Самостоятельная работа (час.)	58
Курс	1
Формат изучения дисциплины	full time

**I. ЦЕЛЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРЕРЕКВИЗИТЫ**

Целями освоения дисциплины «Научно-исследовательский семинар «Нейросетевые технологии»» являются овладение студентами основными понятиями нейросетевых технологий – решения прикладных задач с помощью нейронных сетей.

В результате освоения дисциплины студент должен:

**знать:**

- основы теории нейронных сетей, нейроматематики, нейроуправления, нейрокомпьютеров;
- способы решения прикладных задач на нейронных сетях,
- методы проверки качества решения прикладных задач;
- язык программирования Матлаб и основные его инструментари для применения нейронных сетей для решения прикладных задач.

**уметь:**

- разрабатывать программы на Матлаб для применения нейронных сетей для решения прикладных задач и их тестирования;
- синтезировать алгоритм решения прикладной задачи на нейронных сетях согласно общей методике;
- читать и критически анализировать специальную литературу по нейросетевым технологиям.

**владеть:**

- навыками разработки программ на Матлаб для применения нейронных сетей для решения прикладных задач и их тестирования;
- навыками планировании и проведении экспериментальных (вычислительных) исследований с целью получения оптимальных параметров нейронных сетей, решающих прикладные задачи

Изучение дисциплины «Научно-исследовательский семинар «Нейросетевые технологии»» базируется на следующих дисциплинах:

- математика в объеме средней школы;
- информатика в объеме средней школы.

Для освоения учебной дисциплины студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

- знать простейшие методы решения вычислительных задач;
- обладать навыками работы с вычислительной техникой.

## II. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Тема 1.** История развития нейронных сетей. Возникновение и становление теории нейронных сетей. История нейрокомпьютеров. Посещение выставки нейрокомпьютеров. Понятие об унификации «мягких вычислений» (soft computing). Вейвлет (wavelet) сети, нечеткие (fuzzy) сети и их связь с нейронными сетями. Методика синтеза нейронной сети для решения задач. Понятие плана экспериментов.

**Тема 2.** Основные понятия теории нейронных сетей. Понятие нейрона, его структура. Понятие о нейроне, его структуре, входах и выходах; понятие весовых коэффициентов. Функция активации, виды функций активации, требования к функциям активации. Понятие о нейронной сети (НС). Виды нейронных сетей. Области применения. Многослойный персептрон. Радиально-базисная сеть. Сеть Кохонена. Нейронные сети с обратными связями, сеть Хопфилда, Элмана и др. Сеть СМАС. Нейронные сети глубинного обучения. Нейронные сети переменной структуры. Спайковые нейронные сети.

**Тема 3.** Методы настройки (обучения) нейронных сетей. Понятие о обучении с учителем и самообучении нейронной сети. Методы обучения. Метод градиентного спуска. Метод обратного распространения ошибки. Модификации метода градиентного спуска. Методы второго порядка, метод Левенберга-Марквардта, метод сопряженных градиентов. Обучение динамических нейронных сетей. Методы случайного поиска. Генетические методы оптимизации.

**Тема 4.** Программная реализация нейронных сетей в среде Матлаб. Введение в Матлаб, синтаксис. Типы данных. Индексация массивов. Neural Network Toolbox. Создание и обучение нейронных сетей. DNN Toolbox. Создание и обучение нейронных сетей глубинного обучения. Визуализация в Матлаб.

**Тема 5.** Основные задачи нейроматематики. Аппроксимация функций. Интерполяция и экстраполяция. Структуры НС для аппроксимации. Подготовка обучающего множества. Подготовка тестового множества. Параметры методов аппроксимации. Составление плана эксперимента по выбору оптимальных параметров. Дообучение, переобучение. Экстраполяция временных рядов. Виды экстраполяции. Структуры НС для экстраполяции. Классификация данных. Структуры НС для классификации данных. Кластеризация данных. Структуры НС для кластеризации данных. Решение систем алгебраических уравнений. Способы решения СЛАУ на нейронных сетях. Взаимосвязь с итерационными методами решения СЛАУ. Понятие о нелинейных алгебраических уравнениях, функциональных уравнениях, интегральных и дифференциальных уравнениях. Решение систем дифференциальных уравнений в частных производных (ЧДУ). Граничные и начальные условия. Структуры НС для решения ЧДУ. Модификация функционала ошибки. Способы подготовки обучающего множества. Подготовка тестового множества. Параметры методов решения ЧДУ. Обработка 2D изображений и 3D моделей объектов.

**Тема 6.** Понятие о нейрокомпьютерах, нейрочипах. Архитектуры нейрокомпьютеров. Эмуляторы нейронных сетей. Нейропакеты. Реализации нейронных сетей на графических

процессорах. Графические ускорители в Матлаб. Библиотеки реализации нейронных сетей глубинного обучения. Nvidia Digits. CUDNN. Современные нейрочипы. TrueNorth.

**Тема 7.** Основные задачи нейроуправления. Понятие нейроуправления и нейроидентификации. Схемы нейроуправления. Схема инверсного нейроуправления. Ограничение на типы управляемых объектов. Схема прямого нейроуправления. Схема прямого нейроуправления с эмулятором. Схема косвенного нейроуправления.

**Тема 8.** Применения нейронных сетей для решения практических задач. Нейронные сети в информационной безопасности. Нейронные сети в промышленности. Нейронные сети в авиации и пр.

**Тема 9.** Перспективы развития нейросетевых технологий. Мемристоры и нейрокомпьютеры на мемристорах.

### III. ОЦЕНИВАНИЕ

**Текущий контроль:** во втором и третьем модуле предусматривается контрольная работа, в четвертом модуле – контрольное домашнее задание.

**Итоговый контроль:** экзамен в конце 4-го модуля в виде компьютерного теста.

Тесты контрольной работы содержат вопросы по теоретическому материалу текущего модуля. За тест выставляется нормированная по сложности теста оценка по 10-ти балльной шкале.

Контрольное домашнее задание включает разработку, программирование, тестирование и экспериментальное исследование программы на Матлаб по заданной теме. По контрольному домашнему заданию оформляется отчет в бумажном виде. В установленный срок студент сдает полностью оформленный отчет и электронную копию разработанного приложения, а также докладывает результаты на семинаре. За контрольное домашнее задание выставляется оценка по десятибалльной шкале.

Итоговый экзамен предусматривает компьютерное решение задач по изученным в дисциплине темам и тестирование на компьютере. В тест итогового экзамена входят вопросы по теоретическому и практическому материалу всех 3-х модулей. Оценки по решению задач и тесту выставляются по 10-ти балльной шкале.

По всем видам работ выставляется 10-балльная оценка.

Оценка текущего контроля во втором и третьем модуле выставляется по результатам контрольной работы 1 и 2 (компьютерного тестирования) КТ1, КТ2.

Результаты студента по выполнению контрольного домашнего задания в четвертом модуле КДЗ учитываются при вычислении накопленной оценки, учитывается полнота и качество решения задания и качество презентации результатов.

Накопленная оценка (Он) по дисциплине (с округлением по правилам округления) вычисляется как взвешенная сумма:

$$O_n = (0.2 * K_{T1} + 0.2 * K_{T2} + 0.6 * K_{ДЗ});$$

Оценка итогового контроля в четвертом модуле в форме экзамена определяется результатом контрольного тестирования Э1.

Результирующая оценка по дисциплине О определяется по формуле (с округлением по правилам округления):

$$O = 0.6 \cdot O_{\text{н}} + 0.4 \cdot \text{Э1}$$

Перевод в пятибалльную оценку осуществляется в соответствии со следующей таблицей.

По десятибалльной шкале	По пятибалльной шкале
1 – неудовлетворительно 2 – очень плохо 3 – плохо	неудовлетворительно – 2
4 – удовлетворительно 5 – весьма удовлетворительно	удовлетворительно – 3
6 – хорошо 7 – очень хорошо	хорошо – 4
8 – почти отлично 9 – отлично 10 – блестяще	отлично – 5

#### IV. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Оценочные средства для текущего контроля студента

Текущий контроль осуществляется с использованием Матлаб, материалов справочной системы, библиотечных функций и примеров решения задач на нейронных сетях различной архитектуры. Набор заданий при тестировании соответствует материалу тем, изучаемых в дисциплине.

Примеры вопросов:

1. Какой информацией обмениваются стороны при генерации секретного ключа с помощью древовидных машин четности.
2. Чему равняется число выходных нейронов для древовидной машины четности.
3. Чему равняется число весовых коэффициентов для древовидной машины четности.
4. Как нейроны связаны между собой при решении задачи коммивояжера с помощью самоорганизующейся карты Кохонена.
5. Когда алгоритме растущего нейронного газа добавляется новый нейрон.

Оценочные средства для промежуточной аттестации.

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины (примеры):

1. Понятие (искусственного) нейрона. Понятие (искусственной) нейронной сети. Понятие функции активации. Формула нейрона. Понятие разделяющей поверхности.

2. Формула для многослойной нейронной сети.
3. Требования к функции активации. Виды функций активации.
4. Понятие обучения (настройки) нейронной сети. Понятие обучающего и тестового множеств.
5. Методы обучения нейронной сети. Метод градиентного спуска. Понятие ошибки обучения и функционала оптимизации. Онлайн и офлайн обучение.
6. Расчет частных производных для реализации метода градиентного спуска.
7. Matlab Neural Network Toolbox.
8. Понятие нейроматематики. Нейросетевая аппроксимации функций.
9. Нейросетевая экстраполяция (прогнозирование) функций.
10. Нейросетевая классификация данных.
11. Нейросетевое решение систем линейных алгебраических уравнений.
12. Понятие нейроуправления и нейроидентификации. Схемы нейроуправления.
13. Схема инверсного нейроуправления. Ограничение на типы управляемых объектов.
14. Схема прямого нейроуправления. Схема прямого нейроуправления с эмулятором.
15. Схема косвенного нейроуправления.
16. Нейронная сеть СМАС.
17. Нейрочипы и нейрокомпьютеры.
18. Общематематические вычисления на графических процессорах. Архитектура графических процессоров.
19. Нейронные сети глубинного обучения (DNN). (а причем тут Гугл и котики?)
20. Методы обучения второго порядка. Метод Левенберга-Марквардта. Метод сопряженных градиентов.
21. Нейросетевая кластеризация данных. Самоорганизующиеся карты Кохонена.
22. Нейросетевое решение дифференциальных уравнений в частных производных.
23. Рекуррентные нейронные сети. Проблемы с обучением методом градиентного спуска и их решение.
24. Мемристоры.
25. Библиотеки реализации DNN на графических процессорах.

## V. РЕСУРСЫ

### 5.1 Основная литература

1. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин; Пер. с англ. и ред. Н. Н. Куссуль; Пер. с англ. А. Ю. Шелестова. – Изд. 2-е, испр. – М.; СПб.; Киев: Вильямс, 2006. – 1103 с. - ISBN 978-5-84590-890-2. (или другие годы изданий). (Библиотека ВШЭ)
2. Поршнева, С. В. MATLAB 7. Основы работы и программирования: учеб. пособие для вузов / С. В. Поршнева. – 2-е изд. – М.: БИНОМ, 2008. – 319 с. – (Сер. "Учебник"). - Ц. - ISBN 978-5-9518024-4-6. (или другие годы изданий). (Библиотека ВШЭ)

### 5.2 Дополнительная литература

1. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский; Пер. с польского И. Д. Рудинского. – М.: Горячая линия-Телеком, 2008. – 452 с. - ISBN 5-935171-03-1. (Библиотека ВШЭ)
2. Donna L. Hudson; Maurice E. Cohen, "Neural Networks," in Neural Networks and Artificial Intelligence for Biomedical Engineering , IEEE, 2000. doi: 10.1109/9780470545355.part1
3. Madan M. Gupta; Liang Jin; Noriyasu Homma, "Multilayered Feedforward Neural Networks (MFNNs) and Backpropagation Learning Algorithms," in Static and Dynamic Neural Networks: From Fundamentals to Advanced Theory , IEEE, 2003, doi: 10.1002/0471427950.ch4
4. Madan M. Gupta; Liang Jin; Noriyasu Homma, "Radial Basis Function Neural Networks," in Static and Dynamic Neural Networks: From Fundamentals to Advanced Theory , IEEE, 2003, doi: 10.1002/0471427950.ch6

### 5.3 Программное обеспечение

№ п/п	Наименование	Условия доступа
1.	Microsoft Windows 7 Professional RUS или Microsoft Windows 10	Из внутренней сети университета (договор)
2.	Microsoft Office Professional Plus 2010	Из внутренней сети университета (договор)
3	MathWorks MATLAB 2014 и старше с Neural Network Toolbox	Из внутренней сети университета (договор)

### 5.4 Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)

№	Наименование	Условия доступа
---	--------------	-----------------

п/п		
	<b><i>Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы</i></b>	
1.	База данных зарубежной периодики IEEE Xplore	URL: <a href="http://ieeexplore.ieee.org/">http://ieeexplore.ieee.org/</a> Онлайн-доступ со всех компьютеров НИУ ВШЭ и извне (по паролю)
	<b><i>Интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)</i></b>	
1.	-	-

### **5.5 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для лекционных занятий по дисциплине обеспечивают использование и демонстрацию тематических иллюстраций, соответствующих программе дисциплины в составе:

- ПЭВМ с доступом в Интернет (операционная система, офисные программы, анти-вирусные программы);
- мультимедийный проектор с дистанционным управлением.

Учебные аудитории для лабораторных и самостоятельных занятий по дисциплине оснащены:

- ПЭВМ с возможностью подключения к сети Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде НИУ ВШЭ с установленным программным обеспечением согласно п.5.3.
- мультимедийным проектором с дистанционным управлением.