**Программа учебной дисциплины «Нейроматематика»**

Утверждена

Академическим советом ООП

Протокол № от «\_\_»\_\_\_\_\_20\_\_ г.

|  |  |
| --- | --- |
| Автор | Галушкин А.И., профессор, д.т.н.,  Пантюхин Д.В., cт.преп., |
| Число кредитов | 5 |
| Контактная работа (час.) | 76 |
| Самостоятельная работа (час.) | 114 |
| Курс | 2 |
| Формат изучения дисциплины | full time |

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

Целями освоения дисциплины «Нейроматематика» являются овладение студентами основными концепциями и положениями области нейроматематики – решения общематематических задач с помощью нейронных сетей.

В результате освоения дисциплины студент должен:

**знать:**

- способы решения общематематических задач на нейронных сетях,

- методы проверки качества решения общематематической задачи;

- язык программирования Матлаб и основные его инструментарии для применения нейронных сетей для решения общематематических задач**.**

**уметь:**

- разрабатывать программы на Матлаб для применения нейронных сетей для решения общематематических задач и их тестирования;

- синтезировать алгоритм решения общематематической задачи на нейронных сетях согласно общей методике;

- читать и критически анализировать специальную литературу по нейроматематике.

**владеть:**

- навыками разработки программ на Матлаб для применения нейронных сетей для решения общематематических задач и их тестирования;

- навыками планирования и проведения экспериментальных (вычислительных) исследований с целью получения оптимальных параметров нейронных сетей, решающих общематематические задачи.

Изучение дисциплины «Нейроматематика» базируется на следующих дисциплинах:

- «Теория нейронных сетей».

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

* знать положения теории нейронных сетей, структуры и методы настройки нейронных сетей;
* владеть языком программирования Матлаб;
* обладать навыками работы с вычислительной техникой.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин:

1. Применение нейросетевых технологий.
2. **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Тема 1.** Нейроматематика – решение математических задач с помощью нейронных сетей. Задачи нейроматематики. Структуры нейронных сетей (НС). Алгоритмы настройки нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения ошибки. Алгоритм градиентного спуска, его модификации. Критерии останова настройки. Онлайн и оффлайн обучение. Виды обучающих множеств. Понятие о плане экспериментов. Знакомство с МАТЛАБ Neural Network Toolbox, DNN Toolbox или специальными библиотеками C#.

**Тема 2.** Аппроксимация функций. Понятие аппроксимации функций. Интерполяция и экстраполяция. Структуры НС для аппроксимации. Подготовка обучающего множества. Подготовка тестового множества. Параметры методов аппроксимации. Составление плана эксперимента по выбору оптимальных параметров. Разработка программы нейросетевой аппроксимации функций (включая собственноручно запрограммированный алгоритм обратного распространения ошибки). Проведение эксперимента. Оценка результатов. Дообучение, переобучение

**Тема 3.** Экстраполяция временных рядов. Понятие экстраполяции временных рядов. Виды экстраполяции. Структуры НС для экстраполяции. Способы подготовки обучающего множества. Подготовка тестового множества. Параметры методов экстраполяции. Составление плана эксперимента по выбору оптимальных параметров. Разработка программы нейросетевой экстраполяции функций. Проведение эксперимента. Оценка результатов.

**Тема 4.** Классификация данных. Понятие классификации данных. Структуры НС для классификации данных. Подготовка обучающего множества. Подготовка тестового множества. Параметры методов классификации данных. Составление плана эксперимента по выбору оптимальных параметров. Разработка программы нейросетевой классификации данных. Проведение эксперимента. Оценка результатов.

**Тема 5.** Кластеризация данных. Понятие кластеризации данных. Структуры НС для кластеризации данных. Подготовка обучающего множества. Подготовка тестового множества. Параметры методов кластеризации данных. Составление плана эксперимента по выбору оптимальных параметров. Разработка программы нейросетевой кластеризации данных. Проведение эксперимента. Оценка результатов.

**Тема 6.** Решение систем алгебраических уравнений. Понятие о системах линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Способы решения СЛАУ на нейронных сетях. Взаимосвязь с итерационными методами решения СЛАУ. Структуры НС для решения СЛАУ. Способы подготовки обучающего множества. Подготовка тестового множества. Параметры методов решения СЛАУ. Составление плана эксперимента по выбору оптимальных параметров. Разработка программы решения СЛАУ с помощью нейронной сети. Проведение эксперимента. Оценка результатов. Понятие о нелинейных алгебраических уравнениях, функциональных уравнениях, интегральных и дифференциальных уравнениях.

**Тема 7.** Решение систем дифференциальных уравнений в частных производных. Понятие о дифференциальных уравнениях в частных производных (ЧДУ). Граничные и начальные условия. Способы решения ЧДУ на нейронных сетях. Структуры НС для решения ЧДУ. Модификация функционала ошибки. Способы подготовки обучающего множества. Подготовка тестового множества. Параметры методов решения ЧДУ. Составление плана эксперимента по выбору оптимальных параметров. Разработка программы решения ЧДУ с помощью нейронной сети. Проведение эксперимента. Оценка результатов

**Тема 8.** Обработка 2D изображений и 3D моделей объектов. Задачи обработки 2D изображений и 3D моделей объектов. Структуры нейронных сетей для обработки 2D изображений и 3D моделей объектов. Глубинные нейронные сети. Разработка программ обработки 2D изображений и 3D моделей объектов с помощью нейронной сети. Проведение эксперимента. Оценка результатов.

1. **ОЦЕНИВАНИЕ**

**Текущий контроль:** в 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 и практические задания. За тест выставляется нормированная по сложности теста оценка в 10-ти балльной шкале.

Контрольное домашнее задание включает разработку, программирование, тестирование и экспериментальное исследование программы по выбранной и согласованной теме. По контрольному домашнему заданию оформляется отчет в бумажном виде. В установленный срок студент сдает полностью оформленный отчет и электронную копию разработанного приложения. За контрольное домашнее задание выставляется оценка в 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 2-х модулей. Оценки по решению задач и тесту выставляются в 10-ти балльной шкале.

По всем видам работ выставляется 10-балльная оценка.

Оценка текущего контроля выставляется по результатам контрольной работы 1 (компьютерного тестирования) КТ1.

Результаты студента по выполнению контрольного домашнего задания КДЗ учитываются при вычислении накопленной оценки.

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

Oн = (0.3\*КТ1 + 0.7\*КДЗ);

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

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

О = 0.6\*Он + 0,4\*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 |

1. **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.

Оценочные средства для промежуточной аттестации.

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины (примеры):

1. Понятие нейроматематики.

2. Нейросетевая аппроксимации функций.

3. Нейросетевая экстраполяция (прогнозирование) функций.

4. Нейросетевая классификация данных.

5. Нейросетевое решение систем линейных алгебраических уравнений.

6. Нейросетевая кластеризация данных. Самоорганизующиеся карты Кохонена.

7. Нейросетевое решение дифференциальных уравнений в частных производных.

8. Matlab Neural Network Toolbox.

9. Нейронные сети глубинного обучения (DNN) для обработки изображений.

1. **РЕСУРСЫ**
   1. **Основная литература**
   2. 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).
2. Поршнев, С. В. MATLAB 7. Основы работы и программирования: учеб. пособие для вузов / С. В. Поршнев. – 2-е изд. – М.: БИНОМ, 2008. – 319 с. – (Сер. "Учебник"). - Ц. - ISBN 978-5-9518024-4-6. (или другие годы изданий).
   1. **Дополнительная литература**
3. 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. - Ц(7.05). - ISBN 5-935171-03-1.
4. Mohamed E. El-Hawary, "Electricity Price Forecasting Using Neural Networks and Similar Days," in Advances in Electric Power and Energy Systems: Load and Price Forecasting, IEEE, 2017, doi: 10.1002/9781119260295.ch6
5. Rui Xu; Don Wunsch, "Neural Network Based Clustering," in Clustering, IEEE, 2009, doi: 10.1002/9780470382776.ch5
   1. **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  c Neural Network Toolbox | Из внутренней сети университета (договор) |

* 1. **Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Наименование** | **Условия доступа** |
|  | ***Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы*** | |
| 1. | База данных зарубежной периодики IEEE Xplore | URL: http://ieeexplore.ieee.org/  Онлайн-доступ со всех компьютеров НИУ ВШЭ и извне (по паролю) |
|  | ***Интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)*** | |
| 1. | - | *-* |

* 1. **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, антивирусные 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.