

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"**

Факультет компьютерных наук

Департамент программной инженерии

**Майнор Нейросетевые технологии
Рабочая программа дисциплины Нейроматематика**

для уровня подготовки - бакалавриат

Разработчик программы

Галушкин А.И., профессор, д.т.н., agalushkin@hse.ru

Пантюхин Д.В., ст.преп., dpantiukhin@hse.ru

Одобрена Академическим советом ОП «Программная инженерия»

Протокол № _____ «__» _____ 2015 г.

Утверждена «__» _____ 2015 г.

Академический руководитель образовательной программы

Шилов В.В. _____

Москва, 2015

*Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета
и другими вузами без разрешения подразделения-разработчика программы.*

1. Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины «Нейроматематика» устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов, изучающих дисциплину «Нейроматематика».

2. Цели освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины «Нейроматематика»:

- Приобретение знаний и практического опыта в области нейроматематики – решения общематематических задач с помощью нейронных сетей;
- Изучение и обеспечение основ для последующих курсов, посвященных разработке нейросетевых методов и программ решения прикладных задач;
- Практическое освоение современной системы Матлаб или С# для применения нейронных сетей различной архитектуры при решении общематематических задач;
- Приобретение навыков исследовательской работы, предполагающей самостоятельное изучение специфических нейросетевых технологий, широко применяемых в различных областях современной науки и техники.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- способы решения общематематических задач на нейронных сетях,
- методы проверки качества решения общематематической задачи;
- язык программирования Матлаб или С# и основные его инструментариумы для применения нейронных сетей для решения общематематических задач.

Уметь:

- разрабатывать программы на Матлаб или С# 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.

Иметь навыки (приобрести опыт):

- в разработке программ на Матлаб или С# для применения нейронных сетей для решения общематематических задач и их тестирования;
- в планировании и проведении экспериментальных исследований с целью получения оптимальных параметров нейронных сетей, решающих общематематические задачи.

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ОС НИУ ВШЭ
Способен учиться, приобретать новые знания, умения, в том числе в области, отличной от профессиональной	УК-1
Способен выявлять научную сущность проблем в профессиональной области.	УК-2
Способен решать проблемы в профессиональной деятельности на основе анализа и синтеза	УК-3
Способен работать с информацией: находить, оценивать и использовать информацию из различных источников, необходимую для решения научных и профессиональных задач (в том числе на основе системного	УК-5

Компетенция	Код по ОС НИУ ВШЭ
подхода)	
Способен вести исследовательскую деятельность, включая анализ проблем, постановку целей и задач, выделение объекта и предмета исследования, выбор способа и методов исследования, а также оценку его качества	УК-6
Способен критически оценивать и переосмысливать накопленный опыт (собственный и чужой), рефлексировать профессиональную и социальную деятельность	УК-9
Способен применять основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой при решении научно-исследовательских задач	ПК-1
Способен к формализации в своей предметной области с учетом ограничений используемых методов исследования	ПК-2
Способен использовать методы и инструментальные средства исследования объектов профессиональной деятельности	ПК-3
Способен обосновать принимаемые проектные решения, осуществлять постановку и выполнение экспериментов по проверке их корректности и эффективности	ПК-4
Способен формализовать предметную область программного проекта и разработать спецификации для компонентов программного продукта	ПК-6
Способен создавать программное обеспечение для ЭВМ и систем различной архитектуры	ПК-9

4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к дополнительному профилю дисциплин.

Дисциплина читается на 2-м курсе с 3-го по 4-й модуль. Зачетных единиц 5, всего часов 190, из них аудиторных 76, в том числе лекций 38, практических занятий 38. Самостоятельная работа студентов 114 часа.

Текущий контроль: 1 контрольная работа, 1 домашнее задание.

Итоговый контроль – экзамен в 4-м модуле.

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях студентами алгебры, геометрии и информатики в рамках учебной программы средней школы, умении применять математический аппарат при выборе метода решения задачи; на изучении дисциплины «Теория нейронных сетей».

Дисциплина является основой для последующего изучения дисциплин: «Применение нейросетевых технологий», а также служит основой для выполнения курсовых, дипломных и исследовательских работ студентов.

5. Тематический план учебной дисциплины

№	Название темы	Всего часов по дисциплине	Аудиторные часы		Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	
1	Нейроматематика – решение математических задач с помощью нейронных сетей. Задачи нейроматематики.	6	2	0	4

№	Название темы	Всего часов по дисциплине	Аудиторные часы		Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	
2	Аппроксимация функций	28	6	6	16
3	Экстраполяция временных рядов	26	4	6	16
4	Классификация данных	28	6	6	16
5	Кластеризация данных	28	6	6	16
6	Решение систем алгебраических уравнений	18	2	2	14
7	Решение систем дифференциальных уравнений в частных производных	28	6	6	16
8	Обработка 2D изображений и 3D моделей объектов	28	6	6	16
	Итого по дисциплине	190	38	38	114

6. Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	модули		Параметры
		3	4	
Текущий (неделя)	Контрольная работа	8-я неделя		Компьютерный тест на 60 минут
	Домашнее задание		5-я неделя	Программа на Матлаб или С# и отчет
Итоговый	Экзамен		*	Экзаменационный тест на компьютере 40 минут

6.1. Критерии оценки знаний, навыков

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. За тест выставляется нормированная по сложности теста оценка в 10-ти балльной шкале.

Контрольное домашнее задание включает разработку, программирование, тестирование и экспериментальное исследование программы на Матлаб или С# 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.

6.2. Порядок формирования оценок по дисциплине

По всем видам работ выставляется 10-балльная оценка.

Оценка текущего контроля в третьем модуле выставляется по результатам контрольной работы (компьютерного тестирования) КТ1.

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

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

$$O_n = (0.3 * КТ1 + 0.7 * КДЗ);$$

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

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

$$O = 0.6 * O_n + 0.4 * Э1$$

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

7. Содержание 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 С#.

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.

8. Образовательные технологии

На практических занятиях проводится разработка, тестирование и разбор конкретных программ, написанных на языке Матлаб или С#, реализующих изучаемые по соответствующей теме дисциплины структуры нейронных сетей, решающих общематематические задачи.

На практических занятиях применяются краткие задачи в тестовой форме, сходные с используемыми при промежуточных и итоговых тестированиях и соответствующие тематике практических занятий.

9. Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

9.1. Тематика заданий текущего контроля

Тематика контрольных работ

Текущий контроль осуществляется с использованием Матлаб или С#, материалов справочной системы, библиотечных функций и примеров решения общематематических задач на нейронных сетях различной архитектуры.

Набор заданий при тестировании соответствует материалу тем, изучаемых в дисциплине. Подбор тестовых заданий, их количество и уровни сложности обеспечивают успешное выполнение контрольной работы в виде теста только при достаточно глубоком усвоении материала.

Тематика контрольных домашних заданий

Домашние задания предлагаются преподавателем с учетом практического использования основного материала курса при их выполнении, требуют применения навыков программирования в Матлаб или С#.

Студент может предложить свою тему домашнего задания, связанную с тематикой дисциплины, согласовав ее с преподавателем.

9.2. 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 глубокого обучения (DNN) для обработки изображений.

10. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

10.1. Базовый учебник:

нет

10.2. Основная литература:

нет

10.3. Дополнительная литература и источники

1. Агеев А.Д., Балухто А.Н., Бычков А.В. и др. «Нейроматематика» – Кн. 6 серии Нейрокомпьютеры и их применение, М: ИПРЖР, 2002 г. – 448 стр.
2. Хайкин С. «Нейронные сети. Полный курс» – 2-е изд. Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104 с.
3. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей – Издательство: Вильямс, 2002 г.
4. Потемкин В.Г., Медведев В.С. Нейронные сети. MATLAB 6 – Издательство: Диалог-МИФИ, 2002
5. Галушкин А.И. «Нейронные сети: основы теории» – Изд-во: Горячая линия-Телеком, 2010, 496 с.
6. А.Н.Горбань, В.Л.Дунин-Барковский, А.Н.Кирдин и др. Нейроинформатика. - Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. - 296с.
7. Ф. Уоссермен. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика. М. Мир - 1992.
8. S.Naykin, Neural Networks: A Comprehensive Foundation New York: Prentice Hall Press, 1998.
9. Тархов Д.А. Нейронные сети. Модели и алгоритмы – Издательство: Радиотехника, 2005г.
10. Комарцова Л.Г., Максимов А.В. Нейрокомпьютеры. Издание 2 – Издательство: МГТУ им. Баумана, 2004 г.

10.4. Программные средства

Для успешного освоения дисциплины студент использует систему Матлаб версии 7.0 и выше с инструментарием Neural Network Toolbox или C#.

10.5. Дистанционная поддержка дисциплины

Дистанционная поддержка дисциплины обеспечивается использованием локальной сети и системы LMS для размещения учебников, книг для чтения, материалов лекций и практических занятий, тестов для самоподготовки, оценок текущего, промежуточного и итогового контроля.

Студент вправе получать консультации по выполнению домашнего задания, а преподаватель обязан выделить время на консультации во время практических занятий или ответить дистанционно.

11. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Проектор для лекций и практических занятий, классы для практических занятий с компьютерами, на которых установлена система Матлаб версии 7.0 и выше с инструментарием Neural Network Toolbox или C#.