

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»

Факультет физико-математических и естественных наук

Рекомендовано МССН

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Нейронные сети

Рекомендуется для направления подготовки/специальности

01.04.02 Прикладная математика и информатика
(указываются код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность программы (профиль)

магистратура «Математические модели в междисциплинарных исследованиях»
(наименование образовательной программы в соответствии с направленностью (профилем))

1. Цели и задачи дисциплины:

сформировать представление современных математических пакетах и языков программирования, позволяющих решать прикладные задачи математики и физики. На практических занятиях в процессе решения поставленных задач из области математической физики, оптимизации и случайных процессов привить навыки использования соответствующих задачам математических пакетов.

Реализация указанной цели включает последовательное знакомство и освоение математического ПО и отработку приемов решения задач на практических и лабораторных занятиях; промежуточный и итоговый контроль выявляют степень усвоения полученных навыков.

2. Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Нейронные сети» относится к вариативной части блока 1 учебного плана.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Общепрофессиональные компетенции			
	ОПК-2. Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	Высокопроизводительные вычислительные процессы в задачах математической физики, Нелинейные задачи математической физики, История математики и методология науки	Междисциплинарный экзамен
	ОПК-3. Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	Высокопроизводительные вычислительные процессы в задачах	Междисциплинарный экзамен

		математической физики, Нелинейные задачи математической физики, История математики и методология науки	
Профессиональные компетенции			
	ПК.9. способностью к преподаванию математических дисциплин и информатики в общеобразовательных организациях, профессиональных образовательных организациях и образовательных организациях высшего образования	-	Междисциплинарный экзамен

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

Основные виды математических пакетов и области их применения.

Уметь:

Решать прикладные задачи математики и физики с использованием математических пакетов NumPy, SciPy, Tensor Flow, Keras, и языка программирования Python.

Владеть:

Навыками работы с математическими пакетами NumPy, SciPy, Tensor Flow, Keras, уметь программировать на языке Python, уметь решать с их помощью поставленные задачи, сохранять и представлять результаты в наглядном виде. Уметь связывать между собой модули реализованные в математических пакетах с ПО, реализованным с использованием языков программирования высокого уровня (C++, Java).

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4** зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры, модули			
		3	4	5	6
Аудиторные занятия (всего)	48		48		

В том числе:					
Лекции	16		16		
Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)	32		32		
Лабораторные работы (ЛР)					
Самостоятельная работа (всего)	96		96		
В том числе:					
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат					
<i>Другие виды самостоятельной работы (домашние задания)</i>	60		60		
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	36		36		
Общая трудоемкость	час	144	144		
	зач. Ед.	4	4		

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Введение	Нейронные сети – основные понятия, виды, область применения.
2	Однослойные перцептрон Розенблата.	Построение и обучение перцептрона Розенблата. Классификация. Линейно разделимые и не разделимые задачи. Обучение. Задача XOR.
3	Однослойные нейронные сети.	Однослойные нейронные сети с линейной активационной функцией. Обучение, дельта правило. Решение плохо обусловленных СЛАУ.
4	Многослойные сети прямого распространения.	Теорема Колмогорова Арнольда о функции многих переменных. Практическое применение к нейронным сетям как универсальному аппроксиматора. Решение задач классификации нейронными сетями прямого распространения. Обучение сетей методом обратного распространения ошибки.
5	Нейронные сети на основе RBF-функциц.	Виды RBF активационных функций. Слой Кохенена, сеть Кохенена, самоорганизующееся карты Кохенена. Принципы обучения. Задачи

		решаемые этими сетями.
6	Сети с обратными связями.	Сети Хопфилда и Хеминга. Распознавание образов этими сетями. Сети Элмана и Джордана, NARX-сети, LSTM-сети - принципы построения и обучения. Задачи решаемые такими сетями.
7	Сверточные нейронные сети.	Сверточный слой. Принципы построения. Создание фильтров сглаживания для выделения признаков на основе сверточного слоя. Слои выделения признаков. Обучение сверточных нейронных сетей.
8	Обработка данных, выбор топологии, оптимизация нейронных сетей	Нормализация и сглаживание. Переобучение и ранняя остановка. Проблема недостаточности данных. Экстраполяция непрерывных функций с помощью нейронных сетей. Оптимизация структуры нейронной сети. Глубокие нейронные сети. Их обучение.

5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практич. занятия	Лаб.	СРС	Всего часов
1.	Введение	2	4		12	18
2.	Однослойные перцептрон Розенблата.	2	4		12	18
3.	Однослойные нейронные сети.	2	4		12	18
4.	Многослойные сети прямого распространения.	2	4		12	18
5	Нейронные сети на основе RBF-функциц.	2	4		12	18
6	Сети с обратными связями.	2	4		12	18
7	Сверточные нейронные сети.	2	4		12	18
8	Обработка данных, выбор топологии, оптимизация нейронных сетей	2	4		12	18

6. Лабораторный практикум Не предусмотрен

7. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
1	1	Введение	4
2	2	Однослойные перцептрон Розенблата.	4

3	3	Однослойные нейронные сети.	4
4	4	Многослойные сети прямого распространения.	4
5	5	Нейронные сети на основе RBF-функциц.	4
6	6	Сети с обратными связями.	4
7	7	Сверточные нейронные сети.	4
8	8	Обработка данных, выбор топологии, оптимизация нейронных сетей	4

8. Курсовые работы не предусмотрены.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Роберт Калан. Нейронные сети. Краткий справочник. Вильямс 2017 г.
2. Саймон Хайкин: Нейронные сети. Полный курс. Вильямс, 2016 г.
3. М. Тим Джонс. Программирование искусственного интеллекта в приложениях. ДМК Пресс 2015.
4. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. ДМК Пресс 2017
5. М.С. Тарков. Нейрокомпьютерные системы. Интуит. 2012.
6. Г.Э. Яхьяева. Основы теории нейронных сетей. Интуит. 2010.
7. А.Б. Барский Введение в нейронные сети. 2011.

Вся литература есть в библиотеке РУДН и в электронном виде на кафедре.

Программное обеспечение – Windows, Microsoft Office, Python, TeX, WinEdt, Qt

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы – Yandex, Google, MathNet, Intuit.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитории для проведения лекций и семинаров в учебном корпусе РУДН, ул. Орджоникидзе, 3.

Ноутбук, мультимедийный проектор и экран.

11. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:

Методически курс построен так, чтобы в процессе изучения курса начиная с самых простейших сетей дать студентам точное понимание принципов функционирования и основных сфер применения нейронных сетей. Большое внимание следует уделять темам обучения нейронных сетей и связанным с ними темам из теории оптимизации многих переменных и численных методов. Следует разобрать на практических занятиях и в

последствии дать для самостоятельной реализации на языке C++ примеры по темам: перцептрон Розенблата, обратное распространение ошибки, RBF-сети. Остальные темы можно иллюстрировать примерами реализованными на Python.

Соответствие систем оценок (используемых ранее оценок итоговой академической успеваемости, оценок ECTS и балльно-рейтинговой системы (БРС) оценок текущей успеваемости) (В соответствии с Приказом Ректора №996 от 27.12.2006 г.):

Баллы БРС	Традиционные оценки в РФ	Баллы для перевода оценок	Оценки	Оценки ECTS
86 – 100	5	95 - 100	5+	A
		86 - 94	5	B
69 – 85	4	69 - 85	4	C
51 – 68	3	61 - 68	3+	D
		51 - 60	3	E
0 – 50	2	31 - 50	2+	FX
		0 - 30	2	F

1. Студенты обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем.
2. В балльно-рейтинговую систему оценки знаний в течение семестра входят работа на занятии, выполнение домашних заданий и проработка текущего материала. Выдается 4 домашних задания на обозначенные в ФОС темы, каждое из которых оценивается из 10 баллов. По указанным разделам проводится опрос, который максимально оценивается 20 баллами.
3. Студент допускается к итоговому контролю с любым количеством баллов, набранным в семестре. Итоговый контроль содержит 2 задания. На подготовку к ответу отводится 1 час, после чего производится устный опрос студента. Оценивается работа из 50 баллов независимо от количества баллов, полученных в течение семестра.
4. Если после итогового контроля студент получил менее 31 балла, то ему выставляется оценка F и он должен повторить дисциплину в установленном порядке. Если же в итоге студент получил не менее 31 балла, т.е. FX, то ему разрешается добор необходимого (до 51) количества баллов путём повторного одноразового выполнения предусмотренных итоговых контрольных мероприятий; при этом аннулируются, по усмотрению преподавателя, соответствующие предыдущие результаты. Ликвидация задолженностей проводится в период с 07.02 по 28.02 (с 07.09 по 28.09) по согласованию с деканатом.

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) – прилагается.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС 3++ РУДН.

Разработчик:

Старший преподаватель
Математического института

Н.П. Аносова

Руководитель программы:
Директор Математического института

Приложение 1.
(обязательное)

Математический институт им. С.М. Никольского

УТВЕРЖДЕН

на заседании института

«__» _____ 20__ г., протокол №__

Директор института

_____ А.Л. Скубачевский

(подпись)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

_____ Нейронные сети _____

(наименование дисциплины)

01.04.02 «Прикладная математика и информатика»_

_____ магистр _____

Квалификация (степень) выпускника

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Нейронные сети»

Направление/Специальность: 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Раздел	Тема	Формы контроля уровня освоения ООП												Баллы темы	Баллы раздела	
		Опрос	Тест	Коллоквиум	Реферат	Выполнение ЛР	Выполнение ДЗ	Выполнение РГР	Выполнение КР	Выполнение КП	Работа на занятии	Работа на инт. занятии	Экзамен			Прочие формы контр.
1. Однослойные нейронные сети	Перцептрон Розенблата. Классификация. Линейно разделимые и не разделимые задачи. Обучение. Задача XOR. Однослойные нейронные сети с линейной активационной функцией.						4				4		8	4		20
2. Многослойные нейронные сети прямого распространения	Метод обратного распространения ошибки. Решение задач классификации для линейно не разделимых множеств. Аппроксимация непрерывной функции нейронными сетями. Сглаживание, нормализация и регуляризация данных.						6				6		12	6		30
3. RBF - сети	Слой Кохенен. Решение задачи аппроксимации и задач классификации для линейно не разделимых множеств.						5				5		10	5		25

	Сеть Кохенена, задачи кластеризации. Самоорганизующиеся карты Кохенена. Решение задач кластеризации и анализа многомерных данных															
4. Сети с обратными связями.	Сети Хопфилда и Хеминга. Рекуррентные и рекурсивные сети. Сети Элмана, Джордана, НАКС-сети. LSTM-сети.					5				5		10	5			25
Итого						20					20	40	20			100

Комплект экзаменационных билетов

по дисциплине нейронные сети

Дисциплина Нейронные сети
(наименование дисциплины)

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

ВОПРОСЫ:

1. НС-модели как математические и компьютерные модели, основанные на использовании искусственных нейронных сетей. Двойственность моделей и систем, соотношение их на синтаксическом, семантическом и прагматическом уровне. Принципиальные недостатки традиционных математических и компьютерных моделей, возможности НС-моделирования по устранению этих недостатков.
2. Обучающий алгоритм LMS. Применение алгоритма LMS для сети ADALINE. Работа алгоритма LMS. Матричная форма алгоритма LMS.

Экзаменационный билет № 2

ВОПРОСЫ:

1. Типовые задачи – представление зависимостей между величинами. Входные и выходные величины, возможные комбинации их видов. Модели как отображения входных величин в выходные. Статические и динамические зависимости между величинами. Общие подходы к получению статических и динамических моделей. Примеры статических и динамических моделей.
2. Правило Уидроу-Хоффа и задача адаптивной фильтрации. Адаптивное шумоподавление. Адаптивный экстраполятор.

Экзаменационный билет № 3

ВОПРОСЫ:

1. Типовые задачи – классификация данных. Формулировка и основные черты задач классификации. Проблема представления объектов классификации: признаки, признакововое пространства. Источники разнообразия классифицируемых объектов, трудности классификации отдельных объектов; проблемы делимости классов. Связь задач классификации и аппроксимации.

2. Многослойные сети прямого распространения. Линейные многослойные сети, ограниченность этой модели. Нелинейный нейрон. Активационные функции, их виды, роль в сети. Однослойная и многослойная нелинейные сети.

Экзаменационный билет № 4

ВОПРОСЫ:

1. Типовые задачи – выявление закономерностей в данных. Статические и динамические задачи выявления закономерностей в данных. Проблема узнавания по М.М. Бонгарду как пример, поясняющий эту проблему применительно к статическим моделям. Пример выявления закономерностей в динамических моделях – система технической диагностики и предотвращения аварий.
2. Персептрон Розенблатта. Архитектура персептрона, однопейронный вариант, персептрон общего вида. Обучающее правило персептрона. Процедура обучения персептрона. Ограничения персептронной модели.

Экзаменационный билет № 5

ВОПРОСЫ:

1. Типовые задачи – кластеризация данных. Формулировка задачи кластеризации. Информация о взаимном расположении классифицируемых объектов и ее роль в решении задач кластеризации. Взаимосвязи между задачами классификации данных, выявления закономерностей в данных и кластеризации данных.
2. Постулат Хебба. Правило обучения Хебба. Линейный ассоциатор, обучение его с помощью правила Хебба. Свойства хеббовского обучения.

Экзаменационный билет № 6

ВОПРОСЫ:

1. Типовые задачи – сжатие данных. Размерность и разрядность данных. Виды кодирования данных: понижение размерности, уменьшение разнообразия данных за счет понижения их разрядности. Два типа сжатия данных: понижение размерности (описание данных меньшим числом компонент) и квантование (кластеризация) для уменьшения разнообразия данных; комбинированные методы сжатия. Роль НС-моделей в задачах сжатия данных.
2. Линейный ассоциатор. Псевдоинверсное правило обучения. Автоассоциативная память. Сравнение линейного ассоциатора и автоассоциатора, их обучения с помощью хеббовского правила.

Экзаменационный билет № 7

ВОПРОСЫ:

1. Типовые задачи – визуализация данных. Упорядочение многомерной входной информации в виде одномерных, двумерных и трехмерных карт.

2. Варианты правила Хебба: вариант с изменяемой скоростью обучения; вариант с забыванием; вариант, учитывающий фактический выход сети; варианты для обучения без учителя.

Экзаменационный билет № 8

ВОПРОСЫ:

1. Типовые задачи – ассоциативная память. Основные виды ассоциативной памяти: гетероассоциативная память и автоассоциативная память. Функции гетероассоциативной и автоассоциативной памяти в режимах записи и воспроизведения, интерпретация этих видов памяти в нейрофизиологии и информатике.

2. Правило Уидроу-Хоффа. Сеть ADALINE, ее общая структура. Сравнение ADALINE и персептрона. Сравнение ADALINE и адаптивного линейного сумматора. Алгоритм работы ADALINE. Простейшая линейная сеть. Сеть ADALINE в варианте Уидроу. Сеть MADALINE.

Экзаменационный билет № 9

ВОПРОСЫ:

1. Типовые задачи – оптимизация. Задача коммивояжера как один из видов задач целочисленного программирования, трудных для решения традиционными средствами. Сеть Хопфилда как альтернативный подход к решению задачи коммивояжера средствами НС-моделирования.

2. Обучающий алгоритм LMS. Применение алгоритма LMS для сети ADALINE. Работа алгоритма LMS. Матричная форма алгоритма LMS.

Экзаменационный билет № 10

ВОПРОСЫ:

1. Важнейшие (фундаментальные) идеи, на которых основано НС-моделирование. Представление зависимостей от многих величин через зависимости-примитивы от одной величины. Сетевая (композиционная) связь между величинами и зависимостями-примитивами в НС-модели. Использование обучения как инструмента формирования и настройки НС-модели.

2. Правило Уидроу-Хоффа и задача адаптивной фильтрации. Адаптивное шумоподавление. Адаптивный экстраполятор.

Экзаменационный билет № 11

ВОПРОСЫ:

1. Основные структурные элементы НС-моделей. Нейрон. Слой нейронов. Многослойная (слоистая) сеть. Прямые, обратные и латеральные связи в НС-моделях. Иллюстративные примеры структурной организации НС-моделей. Сопоставление основных особенностей организации и функционирования традиционных и нейросетевых моделей. Подходы к обучению НС-моделей.

2. Обучение многослойных сетей прямого распространения. Алгоритм обратного распространения ошибки – вывод выражений для корректировки синаптических весов выходного и скрытых слоев сети. Алгоритм обратного распространения ошибки как обобщение алгоритма LMS.

Экзаменационный билет № 12

ВОПРОСЫ:

1. Многослойные сети прямого распространения. Линейные многослойные сети, ограниченность этой модели. Нелинейный нейрон. Активационные функции, их виды, роль в сети. Однослойная и многослойная нелинейные сети.

2. Сети радиальных базисных функций (RBF-сети). Варианты стратегий обучения: случайный выбор фиксированных центров, выбор центров на основе самоорганизации, выбор центров с учителем. Вероятностная нейронная сеть (PNN-сеть) и обобщенная регрессионная сеть (GRNN-сеть), их соотношение с RBF-сетью.

Экзаменационный билет № 13

ВОПРОСЫ:

1. Многослойные сети прямого распространения в задачах классификации. Проблема разделимости классов, линейная и нелинейная разделимость. Задача «Исключающее ИЛИ» и ее решение с помощью двухслойной нелинейной сети.

2. Глубокие нейронные сети и глубокое обучение. Общие принципы, основные отличия от "неглубоких" сетей, области возможного применения.

Экзаменационный билет № 14

ВОПРОСЫ:

1. Многослойные сети прямого распространения в задачах аппроксимации функций. Приближенное представление зависимостей. Обучающий набор и его формирование. Взаимодействие обучающего набора и обучаемой сети в процессе обучения. Аппроксимация нейросетевой моделью отображения общего вида.

2. Нейросетевые модели с обратными связями. Рекуррентные сети их особенности, достоинства и недостатки, сопоставление их с сетями прямого распространения.

Экзаменационный билет № 15

ВОПРОСЫ:

1. Обучение многослойных сетей прямого распространения. Общая схема процесса обучения нейросети. Алгоритм обратного распространения ошибки – общая схема. Частный случай однослойной сети, ошибка сети и дельта-правило.

2. Глубокие нейронные сети и глубокое обучение. Сверточные сети: архитектура, принципы действия, предпочтительные области применения.

Экзаменационный билет № 16

ВОПРОСЫ:

1. Обучение многослойных сетей прямого распространения. Алгоритм обратного распространения ошибки – общая схема. Цепное правило дифференцирования и его роль в алгоритме обратного распространения ошибки. Сопоставление алгоритма наискорейшего спуска и алгоритма LMS для минимизации ошибки сети.
2. Нейросети и составное представление функций. Соотношение НС-представлений и моделей традиционной вычислительной математики. Сходства и различия нейросетевых и традиционных моделей.

Экзаменационный билет № 17

ВОПРОСЫ:

1. Обучение многослойных сетей прямого распространения. Алгоритм обратного распространения ошибки – вывод выражений для корректировки синаптических весов выходного и скрытых слоев сети. Алгоритм обратного распространения ошибки как обобщение алгоритма LMS.
2. Нейросетевые модели с обратными связями как динамические системы. Понятие устойчивости динамической системы, аттракторы, области притяжения.

Экзаменационный билет № 18

ВОПРОСЫ:

1. Обучение многослойных сетей прямого распространения. Алгоритм обратного распространения ошибки – графическая форма вывода выражений для корректировки синаптических весов выходного и скрытых слоев сети.
2. Сети Хопфилда: общая структура, принципы работы, свойства. Матрица связей сети Хопфилда. Функция энергии сети, ее роль в процессе функционирования сети. Сеть Хопфилда как ассоциативная память. Синхронная и асинхронная динамика сети. Обучение сети Хопфилда. Разобучение сети Хопфилда.

Экзаменационный билет № 19

ВОПРОСЫ:

1. Применение сетей прямого распространения. Аппроксимация функции сетью. Варьирование параметров сети и его влияние на получаемый выход сети. Выбор архитектуры сети: число слоев, число элементов в скрытых слоях. Сходимость процесса обучения сети и влияние на нее архитектуры сети.
2. Альтернативные варианты алгоритма обратного распространения ошибки, основанные на оптимизационных схемах, отличных от наискорейшего спуска: метод сопряженных градиентов, метод Ньютона.

Экзаменационный билет № 20

ВОПРОСЫ:

1. Применение сетей прямого распространения. Аппроксимация функции сетью. Обобщающие свойства сетей. Влияние архитектуры сети на ее обобщающие свойства. Проблемы, возникающие при обучении сетей: недообученность и переобученность сетей. Критическое число эпох процесса обучения.
2. Глобальная и локальная рецептивность сетей. Класс локально-рецептивных сетей. Метод потенциальных функций, задачи классификации и аппроксимации функций. Функции с радиальным базисом (RBF-функции), RBF-нейрон, RBF-сеть. Сопоставление свойств RBF-функций и сигмоидальных функций.

Экзаменационный билет № 21

ВОПРОСЫ:

1. Недостатки алгоритма обратного распространения ошибки, основанного на оптимизационной схеме наискорейшего спуска. Возможные пути устранения этих недостатков.
2. Метрические классификаторы: метод ближайших соседей, метод потенциальных функций, метод радиальных базисных функций.

Экзаменационный билет № 22

ВОПРОСЫ:

1. Альтернативные варианты алгоритма обратного распространения ошибки, основанные на оптимизационных схемах, отличных от наискорейшего спуска: квазиньютоновские алгоритмы – метод Гаусса-Ньютона, метод Левенберга-Марквардта. Модификация стандартного алгоритма обратного распространения ошибки применительно к использованию квазиньютоновских оптимизационных схем.
2. Нейросетевые модели с соревновательным обучением. Обучающееся векторное квантование (LVQ). Понятие векторного квантования, кодирующие векторы, мозаика Вороного, опорные векторы

Экзаменационный билет № 23

ВОПРОСЫ:

1. Обучение многослойных сетей прямого распространения. Алгоритм обратного распространения ошибки – общая схема. Цепное правило дифференцирования и его роль в алгоритме обратного распространения ошибки. Сопоставление алгоритма наискорейшего спуска и алгоритма LMS для минимизации ошибки сети.
2. Нейросетевые модели с обратными связями: модель NARX. Алгоритм работы NARX. Последовательная и последовательно-параллельная схема обучения сети NARX. Сеть NARX в задачах моделирования и управления.

Экзаменационный билет № 24

ВОПРОСЫ:

1. Обучение многослойных сетей прямого распространения. Алгоритм обратного распространения ошибки – вывод выражений для корректировки синаптических весов выходного и скрытых слоев сети. Алгоритм обратного распространения ошибки как обобщение алгоритма LMS.
2. Нейросетевые модели с обратными связями: динамические сети классов LDDN, FTDNN и DTDNN и их соотношение с моделью NARX.

Экзаменационный билет № 25

ВОПРОСЫ:

1. Обучение многослойных сетей прямого распространения. Алгоритм обратного распространения ошибки – графическая форма вывода выражений для корректировки синаптических весов выходного и скрытых слоев сети.
2. Нейросетевые модели с соревновательным обучением. Мера сходства объектов, кластеризация объектов. Понятие соревновательного (конкурентного) обучения, подходы к его реализации. Сеть Хемминга, ее структура, принципы работы.

Экзаменационный билет № 26

ВОПРОСЫ:

1. Обучение многослойных сетей прямого распространения. Общая схема процесса обучения нейросети. Алгоритм обратного распространения ошибки – общая схема. Частный случай однослойной сети, ошибка сети и дельта-правило.
2. Нейросетевые модели с соревновательным обучением. Самоорганизующаяся карта Кохонена (SOM), ее структура, принципы работы. Области соседства в решетке нейронов сети. Латеральные связи в слое нейронов SOM. Одномерные, двумерные и трехмерные карты.

Экзаменационный билет № 27

ВОПРОСЫ:

1. Многослойные сети прямого распространения в задачах аппроксимации функций. Приближенное представление зависимостей. Обучающий набор и его формирование. Взаимодействие обучающего набора и обучаемой сети в процессе обучения. Аппроксимация нейросетевой моделью отображения общего вида.
2. Нейросетевые модели с обратными связями как динамические системы. Понятие устойчивости динамической системы, аттракторы, области притяжения.

Экзаменационный билет № 28

ВОПРОСЫ:

1. Многослойные сети прямого распространения в задачах классификации. Проблема делимости классов, линейная и нелинейная делимость. Задача «Исключающее ИЛИ» и ее решение с помощью двухслойной нелинейной сети.
2. Нейросетевые модели с обратными связями. Рекуррентные сети их особенности, достоинства и недостатки, сопоставление их с сетями прямого распространения.

Экзаменационный билет № 29

ВОПРОСЫ:

1. Обучение многослойных сетей прямого распространения. Алгоритм обратного распространения ошибки – общая схема. Цепное правило дифференцирования и его роль в алгоритме обратного распространения ошибки. Сопоставление алгоритма наискорейшего спуска и алгоритма LMS для минимизации ошибки сети.
2. Нейросетевые модели с обратными связями. Рекуррентные сети их особенности, достоинства и недостатки, сопоставление их с сетями прямого распространения.

Экзаменационный билет № 30

ВОПРОСЫ:

1. Обучение многослойных сетей прямого распространения. Алгоритм обратного распространения ошибки – вывод выражений для корректировки синаптических весов выходного и скрытых слоев сети. Алгоритм обратного распространения ошибки как обобщение алгоритма LMS.
2. Сети Хопфилда: общая структура, принципы работы, свойства. Матрица связей сети Хопфилда. Функция энергии сети, ее роль в процессе функционирования сети. Сеть Хопфилда как ассоциативная память. Синхронная и асинхронная динамика сети. Обучение сети Хопфилда. Разобучение сети Хопфилда.

Примерный перечень оценочных средств

по дисциплине Нейронные сети

12.1. Перечень оценочных средств

п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<i>Аудиторная работа</i>			
	Опрос	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимися на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное	Вопросы по темам/разделам дисциплины

		на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу или теме.	
	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	База тестовых заданий
	Зачет/Экзамен	Форма проверки качества выполнения студентами лабораторных работ, усвоения учебного материала и выполнения в процессе обучения всех учебных поручений в соответствии с утвержденной программой.	Комплект экзаменационных билетов
Самостоятельная работа			
	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее. Возможна защита реферата в форме доклада.	Темы рефератов

Комплект вопросов для опроса и вопросов для теста по разделам дисциплины

по дисциплине Нейронные сети

1. Предмет нейроинформатики и цели курса.

НС-модели как математические и компьютерные модели, основанные на использовании искусственных нейронных сетей. Двойственность моделей и систем, соотношение их на синтаксическом, семантическом и прагматическом уровне. Цели курса и используемый инструментарий. Классы моделей, являющиеся предметом рассмотрения в курсе.

2. НС-моделирование – зачем оно?

Основные претензии к традиционным моделям. Что позволяет получить подход НС-моделирования. НС-моделирование естественных (биологических) и искусственных систем. Прагматика задач НС-моделирования.

3. Типовые (характерные) задачи НС-моделирования – общая характеристика.

Представление зависимостей между величинами; классификация (категоризация) данных; выявление закономерностей в данных; кластеризация данных; сжатие данных; визуализация данных путем представления (многомерных) данных в пространствах меньшей размерности; ассоциативная память; оптимизация.

4. Типовые задачи – представление зависимостей между величинами.

Входные и выходные величины, возможные комбинации их видов. Модели как отображения входных величин в выходные. Статические и динамические зависимости

между величинами. Общие подходы к получению статических и динамических моделей. Примеры статических и динамических моделей.

5. Типовые задачи – классификация данных.

Формулировка задачи классификации. Задачи классификации и распознавания объектов, анализ сцен. Основные черты задач классификации. Проблема представления объектов классификации: признаки, признаковые пространства. Источники разнообразия классифицируемых объектов, трудности классификации отдельных объектов; проблемы делимости классов. Связь задач классификации и аппроксимации. Примеры задач классификации: классификация и распознавание букв из алфавита; распознавание речи.

6. Типовые задачи – выявление закономерностей в данных.

Выявление закономерностей в данных как проблема формирования вектора признаков в задачах классификации/распознавания в ситуациях со значительным уровнем разнообразия и неопределенностей в свойствах классифицируемых объектов/явлений. Статические и динамические задачи выявления закономерностей в данных. Проблема узнавания по М.М. Бонгарду как пример, поясняющий эту проблему применительно к статическим моделям. Пример выявления закономерностей в динамических моделях --- система технической диагностики и предотвращения аварий.

7. Типовые задачи – кластеризация данных.

Формулировка задачи кластеризации. Информация о взаимном расположении классифицируемых объектов и ее роль в решении задач кластеризации. Взаимосвязи между задачами классификации данных, выявления закономерностей в данных и кластеризации данных.

8. Типовые задачи – сжатие данных.

Размерность и разрядность данных. Связь длины описания данных с их размерностью и разрядностью. Виды кодирования данных: понижение размерности, уменьшение разнообразия данных за счет понижения их разрядности. Два типа сжатия данных: понижение размерности (описание данных меньшим числом компонент) и квантование (кластеризация) для уменьшения разнообразия данных; комбинированные методы сжатия. Роль НС-моделей в задачах сжатия данных.

9. Типовые задачи – визуализация данных.

Упорядочение многомерной входной информации в виде одномерных, двумерных и трехмерных карт.

10. Типовые задачи – ассоциативная память.

Основные виды ассоциативной памяти: гетероассоциативная память и автоассоциативная память. Функции гетероассоциативной и автоассоциативной памяти в режимах записи и воспроизведения, интерпретация этих видов памяти в нейрофизиологии и информатике.

11. Типовые задачи – оптимизация.

Задача коммивояжера как один из видов задач целочисленного программирования, трудных для решения традиционными средствами. Сеть Хопфилда как альтернативный подход к решению задачи коммивояжера средствами НС-моделирования.

12. Важнейшие (фундаментальные) идеи, на которых основано НС-моделирование.

Представление зависимостей от многих величин через зависимости-примитивы от одной величины. Сетевая (композиционная) связь между величинами и зависимостями-примитивами в НС-модели. Использование обучения как инструмента формирования и настройки НС-модели.

13. Основные структурные элементы НС-моделей.

Нейрон. Слой нейронов. Многослойная (слоистая) сеть. Прямые, обратные и латеральные связи в НС-моделях. Иллюстративные примеры структурной организации НС-моделей. Сопоставление основных особенностей организации и функционирования традиционных и нейросетевых моделей. Подходы к обучению НС-моделей.

14. Персептрон Розенблатта. Архитектура персептрона, однонейронный вариант, персептрон общего вида. Обучающее правило персептрона. Процедура обучения персептрона. Ограничения персептронной модели.

15. Правило обучения Хебба. Постулат Хебба. Линейный ассоциатор, обучение его с помощью правила Хебба. Свойства хеббовского обучения.

16. Линейный ассоциатор. Псевдоинверсное правило обучения. Автоассоциативная память. Сравнение линейного ассоциатора и автоассоциатора, их обучения с помощью хеббовского правила.

17. Варианты правила Хебба: вариант с изменяемой скоростью обучения; вариант с забыванием; вариант, учитывающий фактический выход сети; варианты для обучения без учителя.

18. Обучение сетей – правило Уидроу-Хоффа. Сеть ADALINE. Общая структура ADALINE. Сравнение ADALINE и персептрона. Сравнение ADALINE и адаптивного линейного сумматора. Алгоритм работы ADALINE. Простейшая линейная сеть. Сеть ADALINE в варианте Уидроу. Сеть MADALINE.

19. Обучающий алгоритм LMS. Применение алгоритма LMS для сети ADALINE. Работа алгоритма LMS. Матричная форма алгоритма LMS.

20. Правило Уидроу-Хоффа и задача адаптивной фильтрации. Адаптивное шумоподавление. Адаптивный экстраполятор.

21. Многослойные сети прямого распространения. Линейные многослойные сети, ограниченность этой модели. Нелинейный нейрон. Активационные функции, их виды, роль в сети. Однослойная и многослойная нелинейные сети.

22. Многослойные сети прямого распространения в задачах классификации. Проблема разделимости классов, линейная и нелинейная разделимость. Задача <<Исключающее ИЛИ>> и ее решение с помощью двухслойной нелинейной сети.

23. Многослойные сети прямого распространения в задачах аппроксимации функций. Приближенное представление зависимостей. Обучающий набор и его формирование. Взаимодействие обучающего набора и обучаемой сети в процессе обучения. Аппроксимация нейросетевой моделью отображения общего вида.

24. Обучение многослойных сетей прямого распространения. Общая схема процесса обучения нейросети. Алгоритм обратного распространения ошибки – общая схема.

Частный случай однослойной сети, ошибка сети и дельта-правило.

25. Обучение многослойных сетей прямого распространения. Алгоритм обратного распространения ошибки – общая схема. Цепное правило дифференцирования и его роль в алгоритме обратного распространения ошибки. Сопоставление алгоритма наискорейшего спуска и алгоритма LMS для минимизации ошибки сети.

26. Обучение многослойных сетей прямого распространения. Алгоритм обратного распространения ошибки – вывод выражений для корректировки синаптических весов выходного и скрытых слоев сети. Алгоритм обратного распространения ошибки как обобщение алгоритма LMS.

27. Обучение многослойных сетей прямого распространения. Алгоритм обратного распространения ошибки – графическая форма вывода выражений для корректировки синаптических весов выходного и скрытых слоев сети.

28. Применение сетей прямого распространения. Аппроксимация функции сетью. Варьирование параметров сети и его влияние на получаемый выход сети. Выбор архитектуры сети: число слоев, число элементов в скрытых слоях. Сходимость процесса обучения сети и влияние на нее архитектуры сети.

29. Применение сетей прямого распространения. Аппроксимация функции сетью. Обобщающие свойства сетей. Влияние архитектуры сети на ее обобщающие свойства. Проблемы, возникающие при обучении сетей: недообученность и переобученность сетей. Критическое число эпох процесса обучения.

30. Недостатки алгоритма обратного распространения ошибки, основанного на оптимизационной схеме наискорейшего спуска. Возможные пути устранения этих недостатков.

31. Альтернативные варианты алгоритма обратного распространения ошибки, основанные на оптимизационных схемах, отличных от наискорейшего спуска: метод сопряженных градиентов, метод Ньютона.

32. Альтернативные варианты алгоритма обратного распространения ошибки, основанные на оптимизационных схемах, отличных от наискорейшего спуска: квазиньютоновские алгоритмы – метод Гаусса-Ньютона, метод Левенберга-Марквардта. Модификация стандартного алгоритма обратного распространения ошибки применительно к использованию квазиньютоновских оптимизационных схем.

33. Глобальная и локальная рецептивность сетей. Класс локально-рецептивных сетей. Метод потенциальных функций, задачи классификации и аппроксимации функций. Функции с радиальным базисом (RBF-функции), RBF-нейрон, RBF-сеть. Сопоставление свойств RBF-функций и сигмоидальных функций.

34. Метрические классификаторы: метод ближайших соседей, метод потенциальных функций, метод радиальных базисных функций.

35. Сети радиальных базисных функций (RBF-сети). Варианты стратегий обучения: случайный выбор фиксированных центров, выбор центров на основе самоорганизации, выбор центров с учителем. Вероятностная нейронная сеть (PNN-сеть) и общерегрессионная сеть (GRNN-сеть), их соотношение с RBF-сетью.

36. Нейросети и составное представление функций. Соотношение НС-представлений и моделей традиционной вычислительной математики. Сходства и различия нейросетевых и традиционных моделей.
37. Пределы возможностей нейросетевого подхода. Составное представление функций – точный и приближенный варианты. Теорема Колмогорова. Теоремы Вейерштрасса и Вейерштрасса-Стоуна-Горбаня.
38. Нейросетевые модели с обратными связями. Рекуррентные сети их особенности, достоинства и недостатки, сопоставление их с сетями прямого распространения.
39. Нейросетевые модели с обратными связями как динамические системы. Понятие устойчивости динамической системы, аттракторы, области притяжения.
40. Сети Хопфилда: общая структура, принципы работы, свойства. Матрица связей сети Хопфилда. Функция энергии сети, ее роль в процессе функционирования сети. Сеть Хопфилда как ассоциативная память. Синхронная и асинхронная динамика сети. Обучение сети Хопфилда. Разобучение сети Хопфилда.
41. Нейросетевые модели с обратными связями: модель NARX. Алгоритм работы NARX. Последовательная и последовательно-параллельная схема обучения сети NARX. Сеть NARX в задачах моделирования и управления.
42. Нейросетевые модели с обратными связями: динамические сети классов LDDN, FTDNN и DTDNN и их соотношение с моделью NARX.
43. Полуэмпирические модели динамических систем. Сочетание теоретического и эмпирического знания. Реализация в виде динамических нейронных сетей с модульной архитектурой. Этапы формирования полуэмпирических моделей и их характеристика.
44. Нейросетевые модели с соревновательным обучением. Мера сходства объектов, кластеризация объектов. Понятие соревновательного (конкурентного) обучения, подходы к его реализации. Сеть Хемминга, ее структура, принципы работы.
45. Нейросетевые модели с соревновательным обучением. Самоорганизующаяся карта Кохонена (SOM), ее структура, принципы работы. Области соседства в решетке нейронов сети. Латеральные связи в слое нейронов SOM. Одномерные, двумерные и трехмерные карты.
46. Нейросетевые модели с соревновательным обучением. Обучающееся векторное квантование (LVQ). Понятие векторного квантования, кодирующие векторы, мозаика Вороного, опорные векторы.
47. Глубокие нейронные сети и глубокое обучение. Общие принципы, основные отличия от "неглубоких" сетей, области возможного применения.
48. Глубокие нейронные сети и глубокое обучение. Сверточные сети: архитектура, принципы действия, предпочтительные области применения.
49. Глубокие нейронные сети и глубокое обучение. Сети с обратными связями: архитектура, принципы действия, предпочтительные области применения.

Критерии оценки

по дисциплине Информатика

Итоговая оценка выставляется по сумме набранных баллов за лабораторные работы, выполнение домашних заданий, ответы и работа на семинарах. Для учащихся, которые набрали от 31 до 50 баллов, проводится экзамен (зачет), в рамках которого за ответы на вопросы билетов учащиеся могут набрать недостающее до зачета (51) число баллов.

95-100 баллов:

- полное выполнение лабораторных и домашних работ;
- активное участие в мероприятиях, предусмотренных программой дисциплины;
- систематизированное, глубокое и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- умение эффективно использовать методику программы дисциплины в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать поставленные задачи;
- полная самостоятельность и творческий подход при изложении материала по программе дисциплины;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой дисциплины и преподавателем.

86- 94 балла:

- полное выполнение лабораторных и домашних работ;
- участие в мероприятиях, предусмотренных программой дисциплины;
- систематизированное, глубокое и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- умение эффективно использовать методику программы дисциплины в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать поставленные задачи в нестандартных производственных ситуациях;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой дисциплины и преподавателем.

69-85 баллов:

- частичное выполнение лабораторных и домашних работ;
- участие в мероприятиях, предусмотренных программой дисциплины;
- систематизированное и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- умение использовать методику программы дисциплины в постановке и решении научных и профессиональных задач;

- усвоение основной литературы, рекомендованной программой дисциплины.

51-68 баллов:

- частичное выполнение лабораторных и домашних работ;
- участие в мероприятиях, предусмотренных программой дисциплины;
- систематизированное и полное освоение навыков и компетенций по всем разделам программы дисциплины;
- удовлетворительное умение использовать методику программы дисциплины в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- удовлетворительное усвоение основной литературы;

31 - 50 баллов – НЕ ЗАЧТЕНО:

- частичное выполнение лабораторных домашних работ;
- недостаточно полный объем навыков и компетенции в рамках программы дисциплины;
- неумение использовать в практической деятельности научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными стилистическими и логическими ошибками;
- слабое умение использовать методику программы дисциплины в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- удовлетворительное усвоение основной литературы.

0-30 баллов, НЕ ЗАЧТЕНО:

- отсутствие умений, навыков, знаний и компетенции в рамках программы дисциплины;
- невыполнение лабораторных заданий; отказ от ответа по программе дисциплины;
- игнорирование занятий по дисциплине по неуважительной причине.