

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Смоленский государственный университет»

Кафедра прикладной математики и информатики

*«Утверждаю»*

Проректор по учебно-методической работе

\_\_\_\_\_ Ю.А. Устименко  
«09» сентября 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины  
Б1.В.10. Нейронные сети**

Направление подготовки: **11.03.01 Радиотехника**

Направленность (профиль): **Радиоэлектронные системы и комплексы**

Форма обучения: очная

Курс – 4

Семестр – 7

Всего зачетных единиц – 3, часов – 108

Форма отчетности: зачет – 7 семестр

Программу разработали: кандидат технических наук, доцент Царегородцев Е.Л.

Одобрена на заседании кафедры

«02» сентября 2021 г., протокол № 1

Смоленск  
2021

## 1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Нейронные сети» включена в часть основной образовательной программы, формируемую участниками образовательных отношений, по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника.

Содержание дисциплины «Нейронные сети» находится в содержательно-методической взаимосвязи с такими дисциплинами, как «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Теория оптимизации и численные методы», «Уравнения математической физики», «Физика», «Основы теории радиоэлектрических цепей и сигналов».

Для освоения дисциплины «Нейронные сети» студент должен обладать базовыми знаниями и умениями, полученными в результате изучения таких дисциплин, как «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Теория оптимизации и численные методы», «Уравнения математической физики», «Физика», а также прохождения учебной (ознакомительной) практики.

В результате изучения дисциплины «Нейронные сети» студенты приобретают знания по общим вопросам построения сетей различной архитектуры; методам и алгоритмам обучения искусственных нейронных сетей, персептронных сетей; построения и обучения линейных сетей для классификации векторов, линейной аппроксимации, предсказания, слежения и фильтрации сигналов, идентификации и моделирования линейных систем; архитектуры самоорганизующихся нейронных слоев Кохонена и специальных функций для их создания, инициализации, взвешивания, накопления, активации, настройки весов и смещений, адаптации и обучения, необходимые при выполнении задач преддипломной практики и выпускной квалификационной работы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
<b>ПК-1.</b> Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	<b>Знать:</b> основные методы и типовые методики математического моделирования объектов и процессов. <b>Уметь:</b> строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков радиотехнических устройств и систем. <b>Владеть:</b> навыками компьютерного моделирования.

## 3. Содержание дисциплины

**Введение в нейронные сети.** Биологические аспекты нервной деятельности. Нейрон. Аксон. Синапс. Рефлекторная дуга. Центральная нервная система. Модели искусственного нейрона. Функции активации. Нейрон с векторным входом. Искусственные нейронные сети. Архитектура искусственных нейронных сетей. Набор средств для создания, инициализации, обучения, моделирования и визуализации сети.

**Персептронные сети.** Построения сетей различной архитектуры с помощью инструментального программного пакета SMATH Studio. Методы и алгоритмы обучения искусственных нейронных сетей. Градиентные алгоритмы обучения. Алгоритмы, основанные на использовании метода сопряженных градиентов. Архитектура персептрона и специальные функции для создания персептрона, настройки его весов и смещений.

**Линейные нейронные сети.** Настройки параметров по методу Вудроу-Хоффа. Построение и обучение линейных сетей для классификации векторов, линейной аппроксимации, предсказания, слежения и фильтрации сигналов, идентификации и моделирования линейных систем. Радиальные базисные сети общего вида. Архитектуры радиальных базисных нейронных сетей общего вида и специальные функции для их создания и автоматической настройки весов и смещений. Применение сетей для классификации векторов и аппроксимации функций. Радиальные базисные сети типа GRNN.

Применение GRNN сетей для решения задач обобщенной регрессии, анализа временных рядов и аппроксимации функций.

**Радиальные базисные сети.** Решение задач классификации на основе подсчёта вероятности принадлежности векторов к рассматриваемым классам. Самоорганизующиеся слои Кохонена. Архитектуры самоорганизующихся нейронных слоев Кохонена и специальные функции для их создания, инициализации, взвешивания, накопления, активации, настройки весов и смещений, адаптации и обучения. Применение самоорганизующихся слоев для исследования топологической структуры данных, их объединением в кластеры (группы) и распределением по классам Самоорганизующихся карты Кохонена. Применение самоорганизующихся карт для решения задач кластеризации входных векторов. Самоорганизующиеся LVQ-сети. Архитектуры самоорганизующихся нейронных сетей типа LVQ и специальные функции для их создания, настройки весов и обучения.

**Рекуррентные нейронные сети.** Построения сетей управления движущимися объектами. Построение систем технического зрения и решение других динамических задач. Применение сетей Хопфилда для решения задач распознавания образов и создания ассоциативной памяти. Применение нейронных сетей для проектирования систем управления динамическими процессами.

#### 4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий		
			Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	<b>Введение в нейронные сети.</b> Искусственные нейронные сети. Архитектура искусственных нейронных сетей. Набор средств для создания, инициализации, обучения, моделирования и визуализации сети.	18	2	4	12
2	<b>Перцептронные сети.</b> Построения сетей различной архитектуры с помощью инструментального программного пакета системы SMath Studio. Методы и алгоритмы обучения искусственных нейронных сетей.	22	4	6	12
3	<b>Линейные нейронные сети.</b> Построение и обучение линейных сетей для классификации векторов, линейной аппроксимации, предсказания, слежения и фильтрации сигналов, идентификации и моделирования линейных систем.	22	4	6	12
4	<b>Радиальные базисные сети.</b> Самоорганизующиеся слои Кохонена. Архитектуры самоорганизующихся нейронных сетей типа LVQ и специальные функции для их создания, настройки весов и обучения.	20	2	6	12
5	<b>Рекуррентные нейронные сети.</b> Построения сетей управления	26	4	10	12

	движущимися объектами. Применение сетей Хопфилда для решения задач распознавания образов и создания ассоциативной памяти. Применение нейронных сетей для проектирования систем управления динамическими процессами.				
	<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>60</b>

## 5. Виды образовательной деятельности

### Занятия лекционного типа

**Лекция №1. Введение в нейронные сети.** Биологические аспекты нервной деятельности. Нейрон. Аксон. Синапс. Рефлекторная дуга. Центральная нервная система. Модели искусственного нейрона. Функции активации. Нейрон с векторным входом. Искусственные нейронные сети. Архитектура искусственных нейронных сетей. Набор средств для создания, инициализации, обучения, моделирования и визуализации сети.

**Лекция №2. Перцептронные сети.** Построения сетей различной архитектуры с помощью инструментального программного пакета системы компьютерной математики SMath Studio.

**Лекция №3. Перцептронные сети.** Методы и алгоритмы обучения искусственных нейронных сетей.

**Лекция №4. Линейные нейронные сети.** Построение и обучение линейных сетей для классификации векторов, линейной аппроксимации, предсказания, слежения и фильтрации сигналов, идентификации и моделирования линейных систем.

**Лекция №5. Рекуррентный метод наименьших квадратов.** Линейная сеть с линией задержки.

**Лекция №6. Радиальные базисные сети.** Самоорганизующиеся слои Кохонена. Архитектуры самоорганизующихся нейронных сетей типа LVQ и специальные функции для их создания, настройки весов и обучения.

**Лекция №7. Рекуррентные нейронные сети.** Построения сетей управления движущимися объектами. Применение сетей Хопфилда для решения задач распознавания образов и создания ассоциативной памяти.

**Лекция №8. Нейроуправление.** Применение нейронных сетей для проектирования систем управления динамическими процессами.

### Занятия семинарского типа

**Лабораторное занятие №1. Модель нейрона. Графическая визуализация вычислений (4 часа)**

**Цель:** Изучение структурных схем модели нейрона и средств, используемых для построения графиков функций активации нейрона.

**Лабораторное задание:** Построить графики функций активации в заданных диапазонах значений в соответствии с вариантом (таблица).

Номер варианта	Диапазоны значений входа
1	-3...+3
2	-1...+1
3	-4...+4
4	-2...+2
5	-8...+8
6	-9...+9

7	-7...+7
8	-5...+5
9	-3...+3
10	-6...+6

### Контрольные вопросы

1. Структура нейрона с единственным скалярным входом.
2. Уравнение нейрона со смещением.
3. Нейрон с векторным входом.
4. Функции активации (передаточные функции) нейрона.

### Лабораторное занятие №2. Классификация с помощью перцептрона (6 часов)

**Цель:** изучение модели нейрона перцептрона и архитектуры перцептронной однослойной нейронной сети; создание и исследование моделей перцептронных нейронных сетей.

**Лабораторное задание:** построение обучающей выборки; создание архитектуры сети; моделирование работы НС; используя обученную нейронную сеть, произвести классификацию индивидуального для каждого варианта проверочного множества.

№ вв	Кол-во классов для классификации	Координаты точек проверочного множества и номер класса, к которому принадлежит каждая точка	Контрольный вопрос
1	3	[0;0]-1; [1;1]-2; [-1;-1]-3;	1
2	4	[2;1]-1; [1;0]-2; [0;-1]-3;	2
3	3	[0;0]-1; [1;1]-1; [-1;-1]-3;	3
4	4	[1;0]-1; [-1;1]-2; [-1;-1]-2;	4
5	3	[0;0]-1; [1;1]-2; [-1;-1]-3;	5
6	4	[0;0]-1; [1;1]-1; [-1;-1]-1;	6
7	3	[-1;0]-1; [-1;1]-2; [-1;-1]-3;	7
8	4	[0;1]-1; [1;-1]-2; [-1;-1]-3;	1
9	3	[2;0]-1; [1;1]-2; [-1;1]-2;	2
10	4	[0;0]-1; [1;1]-2; [-1;-1]-1;	3

### Контрольные вопросы

1. Структура перцептронного нейрона.
2. Правило нахождения количества нейронов в перцептроне для распознавания заданного числа классов.
3. Построение линий классификации перцептрона на основании его весов.
4. Процесс обучения перцептрона.

### Лабораторное занятие №3. Аппроксимация функции (6 часов)

**Цель:** изучение возможности аппроксимации с помощью нейронной сети прямого распространения.

#### Лабораторное задание

1. Для заданной функции построить ее табличные значения (количество значений должно быть достаточным для того, чтобы аппроксимированная функция визуально совпадала с табличными значениями).
2. Использовать нейронную сеть для аппроксимации этих табличных значений и нахождения аппроксимированной функции.
3. Вывести на график табличные значения (точками) и аппроксимированную функцию (линией).

4. Найти численное значение погрешности результата аппроксимации, вывести на экран.
5. Обучение нейронной сети.

Вариант	Вид функции	Промежуток нахождения решения
1	$(1.85-x)*\cos(3.5x-0.5)$	$x \in [-10,10]$
2	$\cos(\exp(x))/\sin(\ln(x))$	$x \in [2,4]$
3	$\sin(x)/x^2$	$x \in [3.1,20]$
4	$\sin(2x)/x^2$	$x \in [-20,-3.1]$
5	$\cos(2x)/x^2$	$x \in [-20,-2.3]$
6	$(x-1)\cos(3x-15)$	$x \in [-10,10]$
7	$\ln(x)\cos(3x-15)$	$x \in [1,10]$
8	$\cos(3x-15)/\text{abs}(x)=0$	$x \in [-10,-0.3),(0.3,10]$ $x \in [-0.3,0.3]$
9	$\cos(3x-15)*x$	$x \in [-9.6,9.1]$
10	$\sin(x)/(1+\exp(-x))$	$x \in [0.5,10]$

#### Контрольные вопросы

1. Что такое аппроксимация?
2. Параметры обучения сети.
3. Виды прекращения обучения сети.
4. Способы нахождения погрешности результата.

#### Лабораторное занятие №4. Классификация с помощью слоя Кохонена (6 часов)

**Цель:** изучение модели слоя Кохонена и алгоритма обучения без учителя; создание и исследование модели слоя Кохонена.

#### Лабораторное задание

1. Построить нейронную сеть, которая производит классификацию на основе слоя Кохонена. Произвести начальную инициализацию весов нейронной.
2. Построить обучающую выборку, которая позволяет правильно классифицировать заданную проверочную выборку. Координаты точек обучающей выборки должны быть подобраны геометрически. Для этого первоначально нанести точки проверочной выборки на график, ориентировочно построить вокруг каждой из этих точек несколько точек обучающей выборки, затем записать координаты этих точек в массив обучающей выборки. На каждую из точек проверочной выборки должно приходиться не менее 3 точек обучающей выборки.
3. Показать обучающую выборку на графике. На графике должны быть координатные оси, подписи по осям и название самого графика.
4. Произвести обучение нейронной сети на составленной обучающей выборке.
5. Используя обученную нейронную сеть, произвести классификацию проверочного множества. Показать результат классификации в командном окне и на графике.

№ варианта	Кол-во классов для классификации	Координаты точек проверочного множества, номер класса, к которому принадлежит данная точка
1	3	[0;0]-1; [1;1]-2; [-1;-1]-3;
2	4	[2;1]-1; [1;0]-2; [0;-1]-3;
3	5	[0;0]-1; [1;1]-1; [-1;-1]-3;
4	6	[1;0]-1; [-1;1]-2; [-1;-1]-2;
5	7	[0;0]-1; [1;1]-2; [-1;-1]-3;
6	8	[0;0]-1; [1;1]-1; [-1;-1]-1;
7	3	[-1;0]-1; [-1;1]-2; [-1;-1]-3;
8	4	[0;1]-1; [1;-1]-2; [-1;-1]-3;
9	5	[2;0]-1; [1;1]-2; [-1;1]-2;
10	6	[0;0]-1; [1;1]-2; [-1;-1]-1;

**Контрольные вопросы**

1. Архитектура нейронной сети.
2. Правило нахождения количества нейронов в сети для распознавания заданного числа классов.
3. Алгоритм обучения.

**Лабораторное занятие №5. Прогнозирование временных рядов с использованием нейронных сетей (4 часа)**

**Цель:** изучение способа прогнозирования временных рядов с помощью НС.

**Лабораторное задание**

1. Построить временной ряд, который представляет из себя функцию. Вид функции указан в вариантах задания.

Вид временного ряда и диапазон его изменения.

Вариант	Вид функции	Промежуток нахождения решения
1	$(1.85-t) \cdot \cos(3.5t-0.5)$	$t \in [0,10]$
2	$\cos(\exp(t))$	$t \in [2,4]$
3	$\sin(t) \cdot t$	$t \in [3.1,20]$
4	$\sin(2t) \cdot t$	$t \in [3.1,20]$
5	$\cos(2t) \cdot t$	$t \in [2.3,20]$
6	$(t-1)\cos(3t-15)$	$t \in [0,10]$
7	$\cos(3t-15)$	$t \in [1,10]$
8	$\cos(3t-15)/\text{abs}(t)=0$	$t \in [0,0.3), (0.3,10]$
9	$\cos(3t-15) \cdot t$	$t \in [09.1]$
10	$(\exp(t)-\exp(-t))\cos(t)/$ $(\exp(t)+\exp(-t))$	$t \in [0,5]$

2. К полученному временному ряду добавить шум в размере максимум 20% от амплитуды сигнала.

3. Построить выборку для обучения. Для этого на основании временного ряда строится 5 рядов с задержкой от 1 до 5. Для построения ряда с задержкой 5 берутся от 1 до  $n-5$  элементы выборки, с задержкой 4 берутся от 2 до  $n-4$  элементы выборки, с задержкой 3 берутся от 3 до  $n-3$  элементы выборки, с задержкой 2 берутся от 4 до  $n-2$  элементы выборки, с задержкой 1 берутся от 5 до  $n-1$  элементы выборки. Здесь  $n$  – длина исходного временного ряда.

4. Построить проверочную выборку. Поскольку длина выборки для обучения на 5 элементов меньше длины исходного временного ряда, для построения взять элементы от 6 до  $n$ -го.

5. Временной ряд разбить на 2 части: использующиеся для обучения сети и для проверки. Размеры массивов должны относиться друг к другу приблизительно как 3:1.

6. Построить нейронную сеть для прогнозирования. Число слоев – 2. Активационная функция первого слоя – гиперболический тангенс, второго – линейная. Число нейронов первого слоя взять достаточным для удовлетворительного прогнозирования (10-100), число нейронов второго слоя – 1

7. Произвести обучение сети на обучающем множестве, привести график исходного ряда и спрогнозированного, а также погрешности прогнозирования.

8. Произвести проверку работы сети на проверочном множестве, привести график исходного ряда и спрогнозированного, а также погрешности прогнозирования.

#### **Контрольные вопросы**

1. Что такое временной ряд?
2. С помощью какой НС выполняется прогнозирование временного ряда?
3. Принципы формирования обучающей выборки?
4. Принципы формирования проверочной выборки?

### **Лабораторное занятие №6. Проектирование нейронных сетей для решения различных задач (классификация, кластеризация, распознавание образов и др.) (6 часов)**

**Цель:** Изучить базовые понятия нейротехнологий, ознакомиться с возможностями современных нейропакетов и получить навыки работы с ними.

#### **Лабораторное задание**

1. Решить задачу классификации (кластеризации или распознавания образов) с использованием НП.

2. Выбрать НП для решения поставленной задачи;

3. Разработать собственную ИНС;

4. Создать топологию ИНС;

5. Обучить ИНС;

6. Выполнить эмуляцию сети (проверить качество решения задачи на примерах, которые не вошли в обучающую выборку);

7. В отчет по лабораторной работе включить информацию выбранному НП, описание разработанной ИНС (топология, функции активации нейронов, алгоритм обучения сети и т.д.) и результаты тестирования обученной ИНС.

8. Подготовить отчет для защиты лабораторной работы.

#### **Контрольные вопросы**

1. На какой парадигме основан нейрокомпьютинг?
2. Что понимается под обучением ИНС? Какую роль оно играет в нейротехнологиях?
3. Какие существуют подходы к представлению результатов обучения ИНС?
4. Перечислите основные возможности современных нейропакетов.



## Самостоятельная работа

**Подготовка к лабораторным занятиям.** Вопросы и задания для самостоятельной подготовки к лабораторным занятиям представлены в планах лабораторных занятий.

### Методические рекомендации студентам по подготовке к лабораторному занятию:

1. Изучить материал, соответствующий теме занятия, по конспекту соответствующей лекции и одному из учебников, предложенному в списке основной литературы.
2. Изучить содержание нормативных документов, перечень которых приведен в задании к практическому занятию.
3. Найти в тексте учебника, конспекте лекций и нормативных документах ответы на вопросы для подготовки к занятию. Составьте краткий конспект по каждому из вопросов.
4. Выучить основные понятия и определения, законы и формулы, соответствующие теме лабораторного занятия.
5. Выполнить лабораторные задания, предложенные для самостоятельной работы по теме данного занятия.

**Листок самооценки студента при подготовке к лабораторному занятию** – заполняется студентом самостоятельно дважды: 1) – перед проведением занятия, 2) – после окончания занятия. Студент оценивает свой уровень подготовки по теме по 5-балльной системе.

Показатель	Самооценка студента	
	до лабораторного занятия	после лабораторного занятия
1) Знание основных понятий и определений по теме		
2) Знание ответов на вопросы для подготовки к занятию		
3) Выполнение заданий для самостоятельной работы		
4) Умение обрабатывать задания с использованием основных понятий и закономерностей по теме		
5) Готовность применять теоретические знания по теме для решения профессиональных задач		

## 6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)

### 6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

#### 1. Выполнение заданий для лабораторной работы

##### Критерии оценивания выполнения заданий для лабораторной работы

Показатель	Количество баллов
1) Полнота и глубина изложения ответа (усвоенные теории, понятия, факты)	1
2) Логика изложения материала	1
3) Примеры использования описанных явлений, теорий и устройств на практике	1
4) Использование при подготовке ответа на вопрос дополнительных источников информации	1
5) Оформление работы	1
Итоговая (суммарная) оценка	Max - 5

Оценка «зачтено» - 3 балла и более; оценка «не зачтено» - менее 3 баллов.

## **6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации**

### **Вопросы для подготовки к зачету**

1. Биологические аспекты нервной деятельности. Биологический нейрон.
2. Биологические аспекты нервной деятельности. Нейронные сети.
3. Биологические аспекты нервной деятельности. Биологическая изменчивость и обучение нейронных сетей
4. Формальный нейрон Маккалока-Питтса.
5. Персептрон Розенблатта. Теорема об обучении персептрона.
6. Персептронная представляемость.
7. Проблема функции ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ.
8. Линейная разделимость. Преодоление проблемы линейной разделимости.
9. Обучение с учителем: классификация образов.
10. Обучение с учителем: аппроксимация многомерных функций
11. Теорема Колмогорова.
12. Теорема Стоуна.
13. Алгоритм обратного распространения ошибки.
14. Проблемы обучения: ошибка аппроксимации; переобучение; ошибка, связанная со сложностью модели.
15. Оптимизация размера сети.
16. Адаптивная оптимизация архитектуры сети. Валидация обучения. Ранняя остановка обучения.
17. Прореживание связей.
18. Сети встречного распространения. Структура сети.
19. Обучение без учителя: Структура слоя Кохоненна. Структура слоя Гроссберга.
20. Обучение слоя Кохонена. Предварительная обработка входных векторов. Выбор начальных значений весовых векторов.
21. Обучение слоя Гроссберга. Сеть встречного распространения полностью.
22. Сети встречного распространения. Сжатие данных.
23. Сети с обратными связями.
24. Нейродинамика в модели Хопфилда.
25. Структура нейрона с единственным скалярным входом.
26. Уравнение нейрона со смещением.
27. Нейрон с векторным входом.
28. Функции активации (передаточные функции) нейрона.
29. Структура перцептронного нейрона.
30. Правило нахождения количества нейронов в персептроне для распознавания заданного числа классов.
31. Построение линий классификации персептрона на основании его весов.
32. Процесс обучения персептрона.
33. Что такое аппроксимация?
34. Способы нахождения погрешности результата.
35. Архитектура нейронной сети.
36. Правило нахождения количества нейронов в сети для распознавания заданного числа классов.
37. Алгоритм обучения.
38. Что такое временной ряд?
39. С помощью какой НС выполняется прогнозирование временного ряда?
40. Принципы формирования обучающей выборки?
41. Принципы формирования проверочной выборки?

42. На какой парадигме основан нейрокомпьютинг?
43. Что понимается под обучением ИНС? Какую роль оно играет в нейротехнологиях?
44. Какие существуют подходы к представлению результатов обучения ИНС?
45. Перечислите основные возможности современных нейропакетов.

#### **Критерии оценки на зачете:**

**Зачтено** – студент ответил на теоретический вопрос, имеет оценки не ниже «удовлетворительно» по результатам работы на лабораторных занятиях и по результатам текущего контроля в течение семестра.

**Не зачтено** - студент не ответил на теоретический вопрос, имеет оценки ниже «удовлетворительно» по результатам работы на лабораторных занятиях и по результатам текущего контроля в течение семестра.

### **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

#### **7.1. Основная литература**

1. Павлова А.И. Информационные технологии: основные положения теории искусственных нейронных сетей: учебное пособие / А.И. Павлова. – Новосибирск: Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ», 2017. – 191 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/87110.html>.

2. Барский А.Б. Введение в нейронные сети: учебное пособие / А.Б. Барский. – Москва, Саратов: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. – 357 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/89426.html>.

#### **7.2. Дополнительная литература**

1. Новиков Ф.А. Символический искусственный интеллект: математические основы представления знаний: учебное пособие для вузов / Ф.А. Новиков. – М.: Издательство Юрайт, 2021. – 278 с. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/470241>.

2. Станкевич Л. А. Интеллектуальные системы и технологии: учебник и практикум для вузов / Л.А. Станкевич. – М.: Издательство Юрайт, 2021. – 397 с. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/469517>.

3. Седов В.А. Введение в нейронные сети: методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Нейроинформатика» для студентов специальности 09.03.02 «Информационные системы и технологии» / В.А. Седов, Н.А. Седова. – Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. – 30 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/69319.html>.

4. Горожанина Е.И. Нейронные сети: учебное пособие / Е.И. Горожанина. – Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. – 84 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/75391.html>.

5. Барский А.Б. Логические нейронные сети: учебное пособие / А.Б. Барский. – Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. – 491 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/97547.html>.

#### **7.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Нейронные сети: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/stneunet.html>.

2. Нейронные сети, нейроинформатика: <http://algolist.manual.ru/ai/neuro/index.php>.

3. Портал искусственного интеллекта <http://www.aiportal.ru/articles/neural-networks/neural-networks.html>.

### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. Каталог ГОСТ: радиотехнические материалы: <https://internet-law.ru/gosts/2814/>.
2. Справочник по радиокомпонентам отечественного производства: <https://radio-komplekt.ru/handbook.php>.
3. Технический справочник радиодеталей: <https://radiosvod.ru/>.
4. Справочник по микроконтроллерам: <https://www.radioman-portal.ru/sprav/microcontrollers/>.
5. Информационно-поисковый портал по электронике: <http://radionet.com.ru/>.
6. Реестр Федерального института промышленной собственности: <https://www1.fips.ru/registers-web/>.
7. Сервер CHIPINFO: база данных по электронным компонентам: <http://www.chipinfo.ru/>.
8. QRZ.RU: технический портал – Сайт для радиолюбителей: <https://www.qrz.ru/beginners/>.
9. Журнал сетевых решений LAN: <https://www.osp.ru/lan>
10. Электротехнический портал для студентов вузов и инженеров: <http://xn---8sbnaarbidfksmiphlmncm1d9b0i.xn--p1ai/>.

### **8. Материально-техническое обеспечение**

**Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа**, оснащенная стандартной учебной мебелью, настенной доской, настенным экраном, мультимедиапроектором, ноутбуком и комплектом колонок.

**Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации** – компьютерный класс.

**Помещение для самостоятельной работы** – компьютерный класс с доступом к сети «Интернет» и ЭИОС СмолГУ.

### **9. Программное обеспечение**

Microsoft Open License (Windows XP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно), система компьютерной математики SMath Studio (свободная лицензия).

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», ЭБС «IPRbooks», доступ в электронную информационно-образовательную среду университета, а также доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03B6A3C600B7ADA9B742A1E041DE7D81B0  
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич  
Действителен: с 04.10.2021 до 07.10.2022