


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующая кафедрой  
физики полупроводников и микроэлектроники

  
подпись

(Меньшикова Т.Г.)  
расшифровка подписи

05.06.2025

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

*Б1.В.ДВ.01.02 Аппаратная реализация нейронных сетей*

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: **11.04.04**  
*Электроника и наноэлектроника*

2. Профиль подготовки/специализации:

*Интегральная электроника и наноэлектроника*

3. Квалификация (степень) выпускника: *магистр*

4. Форма образования: *очная*

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:  
*физики полупроводников и микроэлектроники*

6. Составители программы: *Николаенков Юрий Кимович,*  
*кандидат технических наук, доцент*

7. Рекомендована: *НМС физического факультета протокол №6 от 04.06.2025*

8. Учебный год: *2025-2026* Семестр: *1*

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:** Целью данной дисциплины сформировать цельное представление о методах моделирования, построения и обучения искусственных нейронных сетей (ИНС), пробудить интерес к этой быстроразвивающейся области современных информационных технологий.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование у обучающихся представлений о терминологии и основных принципах организации программного и аппаратного обеспечения нейросетей и систем;
- получить основные представления о структуре мозга и биологических нейронных сетях;
- рассмотреть современные достижения в разработке и коммерческом использовании нейрокомпьютерных систем и нейрокомпьютеров;
- изучение архитектуры основных типов современных нейросетевых информационных систем, принципов построения и обучения нейрокомпьютеров, основные типы моделей нейрокомпьютерных систем и области их применения;
- овладеть основными способами решения прикладных задач распознавания образов, диагностики, управления с помощью нейронных сетей;
- формирование навыков разработки и реализации программных моделей нейрокомпьютерных систем.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:** дисциплина относится к курсам по выбору вариативной части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 и предусматривает владение методами математического анализа, численными методами, программными средствами и компьютерными технологиями; дисциплина формирует знания, умения и компетенции для выполнения выпускных квалификационных работ.

Она базируется на курсах дисциплин, изучаемых в образовательной программе бакалавриата: «Математика», «Физика», «Информационные технологии», «Численные методы».

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки общепрофессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций С/02.7 «Расчёт, моделирование и трассировка отдельных частей изделий «система в корпусе»» профессионального стандарта 29.006 «Специалист по проектированию систем в корпусе», В/03.7 «Моделирование функционального описания с использованием программ событийного и/или временного моделирования», Е/03.7 «Осуществление верификации поведенческой модели в составе всей СнК» и Е/05.7 «Моделирование и анализ результатов моделирования отдельных аналоговых блоков и аналоговой части в целом» профессионального стандарта 40.016 «Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалле».

Знания, полученные при освоении дисциплины «Приборно-технологическое проектирование элементов интегральных схем», необходимы при выполнении научно-исследовательских работ и магистерской выпускной квалификационной работы в области микро- и нанoeлектроники.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Компетенции		Индикаторы		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Наименование индикатора(ов)	
ПК-3	Способен анализировать состояние научно-технической проблемы путём подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников	ПК-3.1	Составляет описание алгоритма функционирования и циклограммы работы СнК и формулирует предложения по их реализации аппаратными или программными средствами	<p><i>Знать:</i> -</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы математического и алгоритмического моделирования с применением нейронных сетей; архитектуру, методы обучения и функционирования ИНС с различными нейропарадигмами;</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- реализовывать нейросетевые алгоритмы на ЭВМ;</li> <li>- применять полученные навыки работы с программой с целью использования полученных знаний для решения математических и физических задач, возникающих в процессе дальнейшего обучения студента и при работе по специальности.</li> </ul> <p><i>Владеть:</i> математическим аппаратом теории нейронных сетей, разработки прикладных программ с использованием нейронных сетей.</p>
ПК-8	Готов осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени	ПК-8.3	Выполняет статистический анализ результатов измерений и испытаний изделий «система в корпусе» и готовит заключение по данным статистического анализа	<p><i>Знать:</i> - технологию работы на ПК в современных операционных средах, основные методы разработки алгоритмов и программ, структуры данных, используемые для представления типовых информационных объектов, типовые алгоритмы обработки данных;</p> <p><i>Уметь:</i> - самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности знания и умения, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- моделировать ИНС средствами современных нейропакетов;</li> </ul> <p><i>Владеть:</i> - современными программными средствами компьютерного моделирования, оптимального проектирования и конструирования приборов, схем и</p>

				<p>устройств микро- и нанозлектроники различного функционального назначения;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- профессионально-профильными знаниями в области информационных технологий, использовании современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки;</li> <li>- программными продуктами оформления и представления результатов компьютерного моделирования;</li> <li>- навыками решения практических задач аппроксимации функций, классификации данных, распознавания образов, комбинаторной оптимизации, прогнозирования и сжатия информации.</li> </ul>
--	--	--	--	---

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2/72.**

Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой.

**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		1 сем.
Аудиторные занятия	28	28
в том числе:		
лекции	14	14
практические занятия	14	14
Самостоятельная работа	44	44
Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой		
Итого:	72	72

**13.1 Содержание дисциплины:**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Введение. Физические и математические модели нейронов. Классификация ИНС и их свойства.	Введение. Биологические основы функционирования нейрона. Электрические модели нейронов – Ходжкина Хаксли, оптоэлектронная. Математические модели нейронов. Типы активационных функций. Классификация НС и их свойства. Теорема Колмогорова-Арнольда-Хехт.-Нильсена.
1.2	Обучение нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения ошибки. Подбор оптимальной архитектуры НС. Детерминированные методы обучения НС. Алгоритмы наискорейшего спуска, сопряженных градиентов, перемен-	Обучение нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения ошибки. Подбор оптимальной архитектуры НС. Детерминированные методы обучения НС. Алгоритмы наискорейшего спуска, сопряженных градиентов, перемен-

	тоды глобальной оптимизации. Генетические алгоритмы.	ной метрики. Подбор коэффициентов обучения. Эвристические методы обучения НС. Алгоритм имитации отжига. Машина Больцмана. Генетические алгоритмы. Инициализация весов.
1.3	Основные концепции НС. Многослойные перцептроны. Радиальные нейронные сети.	Основные концепции НС. Перцептроны. НС встречного распространения. Обучение слоев Кохонена и Гроссберга. Радиальные НС. Подбор параметров и количества базисных функций. Сравнение сигмоидальных и радиальных НС.
1.4	Рекуррентные НС. Автоассоциативная сеть Хопфилда. Сеть Хемминга. Двухнаправленная ассоциативная память. Сети ART. Когнитрон и неокогнитрон. Сети RMLP и Эльмана.	Рекуррентные НС, сети Хопфилда и Хемминга, их структура и обучение. Двухнаправленная ассоциативная память. Сети ART. Когнитрон и неокогнитрон. Рекуррентные сети на основе перцептрона. Сети RMLP и RTRN. Рекуррентная сеть Эльмана.
1.5	НС с самоорганизацией. Сети Кохонена и Гроссберга. Корреляционные сети Хебба. Энергетическая функция. Сети PCA и ICA.	НС с самоорганизацией на основе конкуренции, их отличительные особенности. Сеть Кохонена. Гибридные НС. Корреляционные сети Хебба. Энергетическая функция. Нейронные сети PCA. ICA-сети Херольта-Джуттена
1.6	Специализированные структуры НС. НС Фальмана и Вольтерри. НС с нечеткой логикой.	Специализированные структуры НС. НС каскадной корреляции Фальмана. Динамическая сеть Вольтерри. Нечеткие множества. Функция принадлежности. Операции на нечетких множествах. НС с нечеткой логикой.
1.7	Программная эмуляция ИНС. Характеристики современных нейропакетов. НС в пакетах "MATLAB" и "STATISTICA".	Программная эмуляция ИНС. Характеристики современных нейропакетов: Neural 10, Neuro Pro, Brain Maker, Trajan, "STANN", NNT "MATLAB 6.5".
1.8	Аппаратная реализация ИНС. Нейрокомпьютеры (НК) на микропроцессорах, СБИС - нейрочипах, ПЛИС. Перспективные технологии НК.	Аппаратная реализация ИНС. Нейропроцессоры и нейрокомпьютеры (НК). НК на универсальных микропроцессорах и СБИС-нейрочипах. Перспективные технологии ИНС. НК на ПЛИС XILINX, Altera. Оптические и молекулярные НК, наноконьютеры.
<b>2. Практические занятия</b>		
2.1	Введение. Физические и математические модели нейронов. Классификация ИНС и их свойства.	1. Применение ИНС в задаче аппроксимации функций.
2.2	Обучение нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения ошибки. Градиентные методы. Методы глобальной оптимизации. Генетические алгоритмы.	2. Применение ИНС в задаче прогнозирования.
2.3	Основные концепции НС. Многослойные перцептроны. Радиальные нейронные сети.	3. Применение ИНС в задаче распознавания образов.
2.4	Рекуррентные НС. Автоассоциативная сеть Хопфилда. Сеть Хемминга.	4. Применение ИНС в задаче сжатия информации.

	Двунаправленная ассоциативная память. Сети ART. Когнитрон и неоконитрон. Сети RMLP и Эльмана.	
2.5	НС с самоорганизацией. Сети Кохонена и Гроссберга. Корреляционные сети Хебба. Энергетическая функция. Сети PCA и ICA.	5. Применение ИНС в задаче комбинаторной оптимизации.
2.6	Специализированные структуры НС. НС Фальмана и Вольтерри. НС с нечеткой логикой.	6. Применение ИНС в задаче управления динамическими объектами.

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Практ. занятия	Сам. работа	Всего
1	Введение. Физические и математические модели нейронов. Классификация ИНС и их свойства.	1		4	5
2	Обучение нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения ошибки. Градиентные методы. Методы глобальной оптимизации. Генетические алгоритмы.	2	2	6	10
3	Основные концепции НС. Многослойные перцептроны. Радиальные нейронные сети.	2	4	6	12
4	Рекуррентные НС. Автоассоциативная сеть Хопфилда. Сеть Хемминга. Двунаправленная ассоциативная память. Сети ART. Когнитрон и неоконитрон. Сети RMLP и Эльмана.	2	2	6	10
5	НС с самоорганизацией. Сети Кохонена и Гроссберга. Корреляционные сети Хебба. Энергетическая функция. Сети PCA и ICA.	2	2	10	14
6	Специализированные структуры НС. НС Фальмана и Вольтерри. НС с нечеткой логикой.	2		6	8
7	Программная эмуляция ИНС. Характеристики современных нейропакетов. НС в пакетах "MATLAB" и "STATISTICA".	1	4	2	7
8	Аппаратная реализация ИНС. Нейрокомпьютеры (НК) на микропроцессорах, СБИС - нейрочипах, ПЛИС. Перспективные технологии НК.	2		4	6
	Итого:	14	14	44	72
	Итого по курсу				72

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Аппаратная реализация нейронных сетей» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать

навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план;
- уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций;
- связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;
- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;
- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;
- записывать надо сжато;
- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, выполнением лабораторных работ, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа студентов наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки бакалавров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа студента позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа - это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу студентов и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность студентов должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности студента по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных студентом знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

Результат обучения и самостоятельной работы студента предполагает наличие следующих составляющих: понимание методологических основ построения изучаемых знаний; выделение главных структур учебного курса; формирование средств выражения в данной области; построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа студента при изучении «Аппаратная реализация нейронных сетей» включает в себя:

изучение теоретической части курса	- 8 часов
подготовку к практическим занятиям	- 12 часов
написание отчетов по практическим работам	- 12 часов
подготовку к зачету	- 12 часов
итого - 44 часа	

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов Интернет, необходимых для освоения дисциплины:

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Станкевич, Л. А. Интеллектуальные системы и технологии : учебник и практикум для вузов / Л. А. Станкевич. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 397 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02126-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/450773">https://urait.ru/bcode/450773</a>
2	Горбаченко, В. И. Интеллектуальные системы: нечеткие системы и сети : учебное пособие для вузов / В. И. Горбаченко, Б. С. Ахметов, О. Ю. Кузнецова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 105 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08359-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL:



<a href="https://urait.ru/bcode/453629">https://urait.ru/bcode/453629</a>
---

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
6	Джонс, М. Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях [Электронный ресурс] / Джонс М. Т. — Москва : ДМК Пресс, 2011 .— 312 с. <URL: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=1244">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=1244</a> >.
7	Бессмертный, И. А. Системы искусственного интеллекта : учебное пособие для среднего профессионального образования / И. А. Бессмертный. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 157 с. — (Профессиональное образование). — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/455735">https://urait.ru/bcode/455735</a>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
9	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
10	<a href="https://lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-151.pdf">https://lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-151.pdf</a>
11	Информационный ресурс Портал искусственного интеллекта <a href="http://www.aiportal.ru">http://www.aiportal.ru</a>

**16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:**

№ п/п	Источник
1	Нейросетевые структуры и технологии: учебное пособие для вузов. Ч.1. Электрические и математические модели нейронов. НС прямого распространения / сост. В.И. Клюкин, Ю.К. Николаенков // Воронеж: ВГУ, 2008 – 64 с.
2	Нейросетевые структуры и технологии: учебное пособие для вузов. Ч.2. Рекуррентные и специализированные ИНС. Методы реализации нейрокомпьютеров / сост. В.И. Клюкин, Ю.К. Николаенков // Воронеж: ВГУ, 2010 – 72 с.
3	Яковенко Н.В. Самостоятельная работа студентов : методические рекомендации / Н. В. Яковенко, О.Ю. Сушкова .— Воронеж, 2015 .— 22 с.

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебного процесса по дисциплине:**

№ п/п	Источник
1	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2	Федеральный портал «Российское образование» <a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:** Лекционные занятия проводятся в мультимедийном кабинете кафедры ФППиМЭ, оснащённым стационарным мультимедийным проектором AcerX125H – 1 шт., ноутбук emachines e510 – 1 шт., экран, с лицензионным программным обеспечением Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019.

Аудитория для практических и самостоятельных работ студентов оснащена сервером на базе 2-х процессоров Xeon E5-2620 v3. – 1 шт., компьютеры HP ProDesk 400 G6 SFF – 9 шт., компьютеры Pentium Dual Core - 2 шт. , подключенные к сети Интернет с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ и лицензионным программным обеспечением: Microsoft Windows 7, Windows 10, договор

3010-15/207-19 от 30.04.2019 и MATLAB R2020b (академическая лицензия, сублицензионный контракт 3010-07/01-19 от 09.01.19).

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Введение. Физические и математические модели нейронов. Классификация ИНС и их свойства.	ПК-3	ПК-3.1	Устный опрос
2	Обучение нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения ошибки. Градиентные методы. Методы глобальной оптимизации. Генетические алгоритмы.	ПК-3	ПК-3.1	Устный опрос; практ. работа 1
3	Основные концепции НС. Многослойные персептроны. Радиальные нейронные сети.	ПК-3	ПК-3.1	Устный опрос; практ. работа 2
4	Реккурентные НС. Автоассоциативная сеть Хопфилда. Сеть Хемминга. Двухнаправленная ассоциативная память. Сети ART. Когнитрон и неокогнитрон. Сети RMLP и Эльмана.	ПК-3	ПК-3.1	Устный опрос; практ. работа 3
5	НС с самоорганизацией. Сети Кохонена и Гроссберга. Корреляционные сети Хебба. Энергетическая функция. Сети PCA и ICA.	ПК-3	ПК-3.1	Устный опрос; практ. работа 4
		ПК-3	ПК-3.1	Устный опрос; практ. работа 5
6	Специализированные структуры НС. НС Фальмана и Вольтерри. НС с нечеткой логикой.	ПК-3	ПК-3.1	Устный опрос; практ. работа 6
7	Программная эмуляция ИНС. Характеристики современных нейропакетов. НС в пакетах "MATLAB" и "STATISTICA".	ПК-8	ПК-8.3	Устный опрос
8	Аппаратная реализация ИНС. Нейрокомпьютеры (НК) на микропроцессорах, СБИС - нейрочипах, ПЛИС. Перспективные технологии НК.	ПК-8	ПК-8.3	Устный опрос
Промежуточная аттестация: форма контроля – зачет с оценкой				Вопросы к зачету

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

#### Перечень вопросов для устного опроса

**Раздел 1**

1. Биологические основы функционирования нейрона.
2. Электрические модели нейронов – Ходжкина Хаксли, оптоэлектронная.
3. Математические модели нейронов.
4. Типы активационных функций.
5. Классификация НС и их свойства.
6. Теорема Колмогорова-Арнольда-Хехт-Нильсена.

**Раздел 2**

1. Обучение нейронных сетей.
2. Алгоритм обратного распространения ошибки.
3. Подбор оптимальной архитектуры НС.
4. Детерминированные методы обучения НС.
5. Алгоритм наискорейшего спуска.
6. Алгоритм сопряженных градиентов.
7. Алгоритм переменной метрики.
8. Подбор коэффициентов обучения.
9. Эвристические методы обучения НС.
10. Алгоритм имитации отжига.
11. Машина Больцмана.
12. Генетические алгоритмы.
13. Инициализация весов.

**Раздел 3**

1. Основные концепции НС.
2. Персептроны.
3. НС встречного распространения.
4. Обучение слоев Кохонена и Гроссберга.
5. Радиальные НС. Подбор параметров и количества базисных функций.
6. Сравнение сигмоидальных и радиальных НС.

**Раздел 4**

1. Рекуррентные НС, сети Хопфилда и Хемминга, их структура и обучение.
2. Двухнаправленная ассоциативная память.
3. Сети ART.
4. Когнитрон и неокогнитрон.
5. Рекуррентные сети на основе персептрона.
6. Сети RMLP и RTRN.
7. Рекуррентная сеть Эльмана.

**Раздел 5**

1. НС с самоорганизацией на основе конкуренции, их отличительные особенности.
2. Сеть Кохонена.
3. Гибридные НС.

4. Корреляционные сети Хебба.
5. Энергетическая функция.
6. Нейронные сети РСА.
7. ICA-сети Херольта-Джуттена.

### **Раздел 6**

1. Специализированные структуры НС.
2. НС каскадной корреляции Фальмана.
3. Динамическая сеть Вольтерри.
4. Нечеткие множества.
5. Функция принадлежности.
6. Операции на нечетких множествах.
7. НС с нечеткой логикой.

### **Раздел 7**

1. Программная эмуляция ИНС.
2. Характеристики нейропакетов Neural 10, Neuro Pro.
3. Характеристики нейропакетов Brain Maker, Trajan.
4. Характеристики нейропакетов STANN, NNT "MATLAB 6.5".

### **Раздел 8**

1. Аппаратная реализация ИНС.
2. Нейропроцессоры и нейрокомпьютеры (НК).
3. НК на универсальных микропроцессорах и СБИС-нейрочипах.
4. Перспективные технологии ИНС.
5. НК на ПЛИС XILINX, Altera.
6. Оптические и молекулярные НК, наноконьютеры.

### **Перечень тем практических занятий**

1. Применение ИНС в задаче аппроксимации функций.
2. Применение ИНС в задаче прогнозирования.
3. Применение ИНС в задаче распознавания образов.
4. Применение ИНС в задаче сжатия информации.
5. Применение ИНС в задаче комбинаторной оптимизации.
6. Применение ИНС в задаче управления динамическими объектами.

Типовое задание для практической работы

#### Лабораторная работа № 1 «Однослойный персептрон»

Цель работы: изучение модели и архитектуры персептронной однослойной нейронной сети; реализация модели персептронной однослойной нейронной сети в системе MATLAB.

Требования к выполнению работы: выполнение практической работы предусматривает написание программы в системе Matlab и проверку ее работы на контрольном примере.

Отчет о работе проводится в виде собеседования и заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма и ответов на дополнительные вопросы.

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения лабораторных работ и индивидуальных заданий, на основе которых выставляется предварительная оценка.

Критерии предварительной оценки работы обучающихся, которые соотносятся с уровнями сформированности компетенций:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если он правильно выполняет все задания.
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если он в целом правильно выполняет все задания, допуская незначительные ошибки.
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он в целом правильно выполняет все задания, однако при выполнении некоторых заданий допускает существенные ошибки.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он допускает грубые ошибки при выполнении большинства заданий.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме устного опроса по вопросам к зачёту с учетом предварительной.

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Перечень вопросов к зачёту

1. Биологические основы функционирования нейрона.
2. Электрические модели нейронов. Модель Ходкина–Хаксли.
3. Оптоэлектронная модель нейрона.
4. Математические модели нейронов. Типы активационных функций.
5. Модели нейронов. Персептрон и сигмоидальный нейрон.
6. Модели нейронов. Нейрон типа «ADALINE». Инстар и оутстар Гроссберга.
7. Нейроны типа WTA и WTM. Модель нейрона Хебба. Стохастическая модель нейрона.
8. Классификация НС и их свойства. Теорема Колмогорова–Арнольда–Хехт–Нильсена. Определение числа нейронов скрытых слоев.
9. Проблемы выбора архитектуры НС, метода ее обучения и их решение.
10. Обучение с учителем. Алгоритм обратного распространения ошибки.
11. Обучение без учителя. Алгоритм обучения Хебба и Кохонена.
12. Градиентные методы обучения НС. Алгоритмы наискорейшего спуска и переменной метрики.
13. Градиентные методы обучения НС. Алгоритмы Левенберга–Марквардта и сопряженных градиентов. Подбор коэффициентов обучения.
14. Эвристические методы обучения НС. Сравнение эффективности детерминированных алгоритмов обучения.

15. Стохастические методы обучения НС. Алгоритм имитации отжига. Машина Больцмана.
16. Сочетание детерминированных и статистических методов обучения НС. Генетические алгоритмы.
17. Подбор оптимальной архитектуры НС. Редукция НС с учетом чувствительности и использования штрафных функций.
18. Методы наращивания НС. Формирование обучающих выборок. Добавление шума при обучении НС.
19. Основные концепции НС. Модели ассоциативной памяти. Персептроны.
20. Нейронные сети встречного распространения – структура, обучение, применение.
21. Радиальные нейронные сети. Математические основы построения и структура радиальных НС.
22. Обучение радиальных НС. Подбор количества базисных функций. Сравнение характеристик радиальных и сигмоидальных НС.
23. Рекуррентные НС. Автоассоциативная сеть Хопфилда.
24. Оптимизирующие НС Хемминга.
25. Двухнаправленная ассоциативная память (НС Коско) – структура, характеристики, разновидности.
26. Рекуррентные сети на базе персептрона. Структура и обучение сети RMLP.
27. Рекуррентная сеть Эльмана – структура, обучение, компьютерное моделирование. Сеть RTRN.
28. Сети АРТ – обучение, характеристики, разновидности.
29. Модели машинного зрения Фукушимы. Когнитрон и неокогнитрон.
30. НС с самоорганизацией на основе конкуренции. Сеть Кохонена. Алгоритмы WTM.
31. Алгоритм нейронного газа. Гибридные НС со слоем Кохонена, их применение.
32. НС с самоорганизацией корреляционного типа. Энергетическая функция. Нейронные сети PCA.
33. Самоорганизующиеся корреляционные НС. ICA – сети Херольта–Джуттена.
34. Специализированные структуры НС. Сеть каскадной корреляции Фальмана.
35. Динамическая НС Вольтерри, ее структура и особенности обучения.
36. Нечеткие множества. Функция принадлежности. Операции нечеткой логики. Фуззификатор и дефуззификатор. Модель Мамдани–Заде.
37. НС с нечеткой логикой. Структура НС TSK и Ванга–Менделя. Алгоритмы обучения и применение НС с нечеткой логикой.
38. Программная эмуляция НС. Сравнительный анализ характеристик современных нейропакетов: Neural 10, Neuro Pro, Brain Maker, Trajan, NNT «MATLAB 6.5».
39. Аппаратная реализация НС. Нейропроцессоры – определение, классификация, основные параметры и характеристики.
40. Нейрокомпьютеры. Основные понятия и принципы реализации. Построение НК на основе универсальных МП и СБИС нейрочипов – достоинства и недостатки.
41. Современные технологии реализации ИНС. НК на основе ПЛИС.
42. Перспективные варианты ИНС. Оптические и молекулярные НК. Нанонейрокомпьютеры.
43. Применение прикладного пакета NNT MATLAB для решения задач интерполяции, классификации, распознавания.
44. Представление исходных данных и определение структуры НС при решении задач прогнозирования, оптимизации, сжатия информации.

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет с оценкой. В приложение к диплому вносится *зачет с оценкой*. Промежуточная аттестация проводится в соответ-

ствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета.

Оценка уровня освоения дисциплины «*Аппаратная реализация нейронных сетей*» осуществляется по следующим показателям:

- предварительная оценка качества и своевременности выполнения лабораторных работ;
- полнота ответов на вопросы к зачету.

Критерии оценки работы обучающихся, которые соотносятся с уровнями сформированности компетенций:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если он правильно выполняет все задания.
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если он в целом правильно выполняет все задания, допуская незначительные ошибки.
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он в целом правильно выполняет все задания, однако при выполнении некоторых заданий допускает существенные ошибки.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он допускает грубые ошибки при выполнении большинства заданий.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.