

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 4 от 26.04.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Моделирование и аппаратная реализация нейроморфных систем

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

28.04.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Направленность образовательной программы

Квантовые и нейроморфные технологии

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.08.01 Моделирование и аппаратная реализация нейроморфных систем относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-3: Способен разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии, наноэлектроники и квантовых технологий	ПК-3.1: Имеет представление о физических и математических моделях, а также методах компьютерного моделирования исследуемых физических процессов в области нанотехнологии, наноэлектроники и квантовых технологий ПК-3.2: Может применять физические и математические модели, а также методы компьютерного моделирования исследуемых физических процессов в области нанотехнологии, наноэлектроники и квантовых технологий ПК-3.3: Разрабатывает физические и математические модели, а также методы компьютерного моделирования исследуемых физических процессов в области нанотехнологии, наноэлектроники и квантовых технологий	ПК-3.1: Знать основные типы нейронных сетей. Уметь проектировать простейшие нейронные сети. Владеть методами выполнения операций над нейронами в нейронной сети. ПК-3.2: Знать основные операции над нейронами в нейронной сети. Уметь выполнять операции над нейронами в нейронной сети. Владеть навыками выполнения операций над нейронами в нейронной сети. ПК-3.3: Знать основные физические принципы описания нейроморфных систем. Уметь проектировать простейшие нейроморфные системы. Владеть методами проектирования простейших нейронных сетей.	Тест	Зачёт: Контрольные вопросы

--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
Тема 1. Биологические принципы и механизмы функционирования нейронных сетей (в том числе на примере мемристивных систем)	21	4	4	8	13
Тема 2. Моделирование и аппаратная реализация формальных нейронных сетей (в том числе на примере мемристивных систем)	25	6	6	12	13
Тема 3. Моделирование и аппаратная реализация импульсных нейронных сетей (в том числе на примере мемристивных систем)	25	6	6	12	13
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	16	16	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Биологические принципы и механизмы функционирования нейронных сетей (в том числе на примере мемристивных систем) – рассматриваются основы организации и функционирования искусственных нейронных сетей с учетом сведений об их биологических прототипах.

2. Моделирование и аппаратная реализация формальных нейронных сетей (в том числе на примере мемристивных систем) – рассматриваются типы искусственных нейронных сетей, методы аппаратной реализации искусственных нейронных сетей с использованием аналоговых, либо цифровых схем нейрон-синапсов.

3. Моделирование и аппаратная реализация импульсных нейронных сетей (в том числе на примере мемристивных систем) – приводятся сведения об используемых алгоритмах кодирования информации, подходах к симуляции импульсных нейронных сетей, методах моделирования импульсов, методах расчета функции ошибки и алгоритмах обучения.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Авторские презентации по материалам лекций.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

Вопрос 1. Какой принцип положен в основу векторных вычислений:

- А) дискретизация;
- Б) конвейеризация;
- В) квантование.

Вопрос 2. Какая архитектура по классификации Флинна не имеет физической реализации:

- А) MISD;
- Б) SIMD;
- В) MIMD.

Вопрос 3. К задачам обучения с учителем относятся:

- А) кластеризация и регрессия;
- Б) классификация и регрессия;
- В) выявление выбросов в данных, уменьшение размерности входных данных.

Вопрос 4. Основной принцип рекуррентных нейронных сетей состоит в:

- А) отсутствии связи между случайно выбранными нейронами;
- Б) модифицированном алгоритме градиентного спуска, при котором происходит уменьшение градиента для измерений с наибольшим его значением;
- В) зависимости выходных значений нейронов между собой по некоему принципу, позволяющему обрабатывать серии событий во времени или различного рода последовательные цепочки данных.

Вопрос 5. Предназначение объединяющего слоя (max pooling layer) в сверточных нейронных сетях состоит в:

- А) уменьшении пространственной размерности подаваемых на него данных;
- Б) увеличении размерности текущего датасета путем создания новых параметров данных;
- В) обновлении весов нейросети.

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Не менее 60% правильных ответов на вопросы из теста
не зачтено	Менее 60% правильных ответов на вопросы из теста

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные	Продемонстрированы все основные умения. Решены все	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи.

	отказа обучающегося от ответа	место грубые ошибки	негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Понятие нейронных сетей. Многослойный персептрон.
2. Типы нейронных сетей.
3. Нейроны и синапсы.
4. Основные структуры мозга человека и их функции.
5. Базовые модели кодирования информации в нейронных сетях.
6. Моделирование вариабильной активности нейронных сетей.
7. Обучение нейронных сетей. Представление данных. Расширение датасета. Кросс-валидация.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности.
не зачтено	Обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Барский А. Б. Искусственный интеллект и логические нейронные сети : курс лекций / Барский А. Б. - Санкт-Петербург : Интермедия, 2019. - 360 с. - Книга из коллекции Интермедия - Информатика. - ISBN 978-5-4383-0155-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=880301&idb=0>.
2. Каширина И. Л. Нейросетевые и гибридные системы : учебно-методическое пособие для вузов / Каширина И. Л., Азарнова Т. В. - Воронеж : ВГУ, 2014. - 80 с. - Книга из коллекции ВГУ - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=884715&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Измерение и анализ электрофизических характеристик мемристорных структур : учебно-методическое пособие / О. Н. Горшков, С. В. Тихов, М. Н. Коряжкина [и др.] ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2015. - 31 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=850337&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

- 1) ОС Windows и пакет Office;
- 2) интернет-ресурс справочной и математической литературы со свободным доступом www.eqworld.ipmnet.ru;
- 3) интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ <http://www.lib.unn.ru/>.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: лабораторным оборудованием ННГУ.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 28.04.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника.

Автор(ы): Михайлов Алексей Николаевич, кандидат физико-математических наук
Сергеев Михаил Александрович
Щаников Сергей Андреевич, кандидат технических наук, доцент.

Рецензент(ы): Баestraкова Марина Валерьевна, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Конаков Антон Алексеевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 15.04.2024, протокол № б/н.