

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Моделирование базовых когнитивных функций мозга

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

03.04.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы

Нелинейные колебания и волны

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 Моделирование базовых когнитивных функций мозга 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-1: Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	<p>ПК-1.1: Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач</p> <p>ПК-1.2: Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий</p>	<p>ПК-1.1: Знать математические методы, необходимые для саморазвития в области динамики радиофизических систем, включая системы автоматического регулирования, знает новейший отечественный и зарубежный опыт в исследовании вопросов применения эффектов нелинейной динамики в задачах моделирования импульсных нейронных сетей</p> <p>ПК-1.2: Уметь применять новейшие результаты нелинейной динамики при решении задач моделирования базовых когнитивных функций мозга.</p>	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики и	<p>ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов</p> <p>ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы</p>	<p>ПК-2.1: Знать фундаментальные разделы радиофизики, необходимые для исследования явлений синхронизации и фазирования в ансамблях автогенераторов.</p> <p>ПК-2.2: Уметь применять новейшие результаты нелинейной динамики при решении задач</p>	Практическое задание	Зачёт: Контрольные вопросы

радиофизики и оформлять их результаты	исследования в соответствии с типом поставленной задачи ПК-2.3: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики	моделирования базовых когнитивных функций мозга. ПК-2.3: Владеть навыками построения плана исследования и анализа динамики импульсных нейронных сетей ПК-2.4: Уметь анализировать полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики		
ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	ПК-3.1: Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях ПК-3.2: Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу ПК-3.3: Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика	ПК-3.1: Знать основные требования к содержанию публикации в рецензируемых научных изданиях в области радиофизики ПК-3.2: Уметь представлять результаты исследований в области радиофизики академическому и бизнес-сообществу ПК-3.3: Владеть навыками формулировки цели, задач и составления плана исследования в области радиофизики	Собеседование	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	0

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- 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/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1: Использование искусственных нейронных сетей в практических задачах по классификации, регрессии и кластеризации. Реализация однослойного персептрона с дельта-правилом обучения на C/C++ либо Python. Применение искусственных нейронных сетей в задаче классификации и регрессии на примере работы ЭМГ-интерфейса. Самоорганизующиеся карты на основе искусственных нейронных сетей. Знакомство с принципами обработки визуальной информации	32		10	10	22
Тема 2: Программирование работы импульсных нейронов и их сетей. Реализация модели Ижикевича средствами C/C++ либо Python. Применение принципов функционального и объектно-ориентированного программирования в моделировании. Циклы и операции с массивами в C/C++ и Python. Моделирование нейрона, синапсов и сети нейронов. Случайные величины и нейронный шум. Моделирование синаптической пластичности. Использование дельта-функции. Метод Эйлера	25		15	15	10
Тема 3: Моделирование когнитивной навигации. Нейрофизиологические основы когнитивной навигации. Локальные и глобальные модели навигации. Компактное внутреннее представление. Гипотеза сжатия времени. Кооперативное поведение на основе КВП. Применение КВП для управления конечностями. Пространство руки. Ассоциативная память и запоминание КВП. Моделирование движения мобильного робота. Моделирование движений верхних конечностей антропоморфного робота	14		7	7	7
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	0	32	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий /лабораторных работ в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

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.

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к заданиям и контрольным вопросам для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, приведённым в пункте 5.

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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Каким образом можно сформулировать логическую задачу для решения ее нейронной сетью?
2. Каким образом можно сформулировать задачу аппроксимации для решения ее нейронной сетью?
3. Каким образом можно сформулировать задачу прогнозирования временного ряда для решения ее нейронной сетью?
4. Можно ли при обучении импульсных нейронных сетей использовать правила обучения, применяемые в сетях формальных нейронов? Назовите возможные ограничения такого использования.
5. Приведите вариант схемы нейронной сети, осуществляющей ассоциативное обучение.
6. Можно ли STDP правило обучения использовать при частотном кодировании?

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

- 1) Опишите стандартную структуру научной статьи в области моделирования нейронных сетей.
- 2) Укажите основные положения по оформлению научной публикации.
- 3) Опишите алгоритм поиска научной литературы для последующего ее обзора в составе статьи, квалификационной работы, заявки на грант

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно»

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

- 1) Запрограммировать функцию счета формального нейрона в виде взвешенного сумматора с функцией активации.
- 2) Организовать многослойную сеть формальных нейронов и реализовать функцию 1 такта счета такой сети, используя готовую функцию счета одного нейрона.
- 3) Запрограммировать функцию обучения одного нейрона по дельта-правилу.
- 4) Реализовать функцию обучения однослойного персептрона, используя готовую функцию обучения одного нейрона.
- 5) Реализовать модель Ижикевича для одного нейрона, вывести значения трансмембранного потенциала и восстановительной переменной для временного интервала 1 с.
- 6) Используя готовый модуль программы модели Ижикевича с нейронным шумом построить полносвязную сеть из 100 нейронов и смоделировать активность сети в течение 10 с.
- 7) Используя готовую модель нейронной сети запрограммировать вывод на экран растровой диаграммы и графика средней частоты сети.
- 8) Используя готовый модуль программы модели Ижикевича построить сеть из 10 нейронов, в которой элементы замыкаются кольцо и наблюдается циклическая активность.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно»

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 отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. 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 некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован 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-1

1. Сформулируйте следующие задачи для решения их нейронными сетями: логические операции, аппроксимация, классификация
2. Сформулируйте подходы, позволяющие применять правила обучения формальных нейронов в импульсных нейронных сетях.
3. Назовите ключевой параметр, определяющий синаптическую депрессию в динамическом синапсе.
4. Назовите ключевой параметр, определяющий синаптическую фасилитацию в динамическом синапсе.
5. Опишите гипотезу сжатия времени в нейронной когнитивной карте. В чем заключается преимущество такого типа кодирования динамической информации?
6. Можно ли использовать алгоритм компактного внутреннего представления для управления конечностями нейроробота?

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Можно ли при одних и тех же параметрах динамического синапса получить эффект фасилитации и депрессии?
2. Опишите эффект сетевой синхронизации при периодическом воздействии внешним сигналом.
3. Опишите STDP-зависимый механизм возникновения сетевой синхронизации.
4. Опишите эффект стохастического резонанса при возникновении сетевой синхронизации.
5. Опишите принцип частотного кодирования информации в нейронной сети. Какие правила обучения могут обеспечить данный тип кодирования?
6. Опишите принцип временного кодирования информации в нейронной сети. Какие правила обучения могут обеспечить данный тип кодирования?
7. Назовите общие принципы и варианты архитектур нейронных сетей, обеспечивающие ассоциативное обучение.
8. Приведите примеры конкурентных взаимодействий между элементами нейронной сети. Какова их роль в обучении?

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

- 1) Составить план построения и исследования модели многослойной сети формальных нейронов.
- 2) Составить план исследования динамики сети импульсных нейронов.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно»

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

Основная литература:

1. Перова Валентина Ивановна. Нейронные сети : учеб. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 080500 "Бизнес-информатика", 010100 "Математика", 010200 "Математика и компьютерные науки" [и др.]. Ч. 2 / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 111 с. - ISBN 978-5-91326-175-5 : 94.81., 68 экз.

Дополнительная литература:

1. Перова Валентина Ивановна. Нейронные сети в экономических приложениях : учеб. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 080500 "Бизнес-информатика" [и др.]. Ч. 1. Нейронные сети, обучаемые с учителем / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 130 с. - 102.12., 73 экз.
2. Вейвлеты в нейродинамике и нейрофизиологии. - М. : Физматлит, 2013. - 272 с. - ISBN 978-5-9221-1498-1 : 240.00., 1 экз.

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

1. ОС Microsoft Windows 10 (или более ранняя).
2. Авторская программа Neuronet <http://spneuro.net/>
3. <http://www.izhikevich.org/publications/dsn/index.htm>
4. <http://www.pirobot.org/blog/0007>
5. <http://www.scholarpedia.org/article/STDP>
6. http://www.scholarpedia.org/article/Models_of_synaptic_plasticity
7. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

8. webofknowledge.com
9. www.scopus.com
10. elsevierscience.ru
11. elibrary.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.

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 03.04.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Лобов Сергей Анатольевич, доктор физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Матросов Валерий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023, протокол № 09/23.