

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт биологии и биомедицины

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

06.04.01 - Биология

Направленность образовательной программы

Нейробиология

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01 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 к постановке и разработке актуальной научной проблемы, научному анализу данных и их обобщению в контексте ранее накопленных в мировой науке знаний, аргументированном у выбору методов исследования, формулированию выводов и практических рекомендаций на основе проведенного анализа (в соответствии с направленностью программы магистратуры)	<p>ПК-1.1: Знает: - основные достижения и проблемы в современной биологической науке, принципы проведения научного исследования и подходы к организации и осуществлению поиска научной информации в базах данных по тематике исследования</p> <p>ПК-1.2: Умеет: - проводить поиск и анализ информации в современных базах данных по избранной теме исследования, подбор методов исследования в соответствии с научными задачами</p> <p>ПК-1.3: Владеет: - навыками поиска и анализа научной информации, выбора методов исследования, формулировки выводов и рекомендаций</p>	<p>ПК-1.1: Знает основные этапы формирования представлений о нейронных сетях. Способен называть наиболее значимые модели нейронных сетей. Осознает современные проблемы, стоящие перед исследователями при моделировании нейронных сетей мозга</p> <p>ПК-1.2: Умеет решать задачи, связанные с поиском информации по заданной тематике. Способен определить наиболее подходящие методы для моделирования конкретных функций мозга</p> <p>ПК-1.3: Владеет навыками, необходимыми для построения схемы исследования моделей нейронных сетей мозга</p>	Тест	<p>Зачёт:</p> <p>Задания</p> <p>Практическая задача</p>
ПК-2: Способен использовать современные методы обработки и интерпретации биологической информации при проведении научных	ПК-2.1: Знает: - современные методические подходы при выполнении биологических, биомедицинских и экологических исследований, обработке и интерпретации	ПК-2.1: Знает современные подходы к моделированию нейронных сетей мозга. Знает особенности изученных методов и рамки их применения	Тест	<p>Зачёт:</p> <p>Задания</p> <p>Практическая задача</p>

исследований, современную аппаратуру и информационно-коммуникационные технологии при выполнении полевых и лабораторных биологических, экологических работ (в соответствии с направленностью программы магистратуры)	полученных результатов; устройство и правила эксплуатации полевого и лабораторного оборудования ПК-2.2: Умеет: - использовать современную приборную базу для биологических, биомедицинских и экологических исследований, методически грамотного применения статистических и аналитических подходов в обработке результатов ПК-2.3: Владеет - навыками работы на современном полевом и лабораторном оборудовании, интерпретации научной биологической информации с применением статистических и аналитических подходов	ПК-2.2: Умеет правильно выбрать метод для исследования конкретных механизмов когнитивных функций мозга. Умеет построить эксперимент для нахождения и объяснения механизмов работы нейронных сетей ПК-2.3: Владеет навыками, необходимыми для моделирования нейронных сетей на различных уровнях организации		
ПК-6: Способен использовать нормативные документы, регламентирующие организацию и проведение научно-исследовательских и производственно-технологических биологических, биомедицинских и (или) природоохранных проектных работ (в соответствии с направленностью программы магистратуры)	ПК-6.1: Знает: - нормативные документы, регламентирующие проведение научно-исследовательских и производственно-технологических работ ПК-6.2: Умеет: - применять нормативную базу при планировании и организации мероприятий в рамках проектной деятельности ПК-6.3: Владеет - навыками планирования и реализации мероприятий в рамках проектной деятельности с учетом требований действующей нормативной базы	ПК-6.1: Знает нормативную базу, регулирующую проведение работ в лаборатории ПК-6.2: Умеет применять нормативную базу при планировании и организации мероприятий в рамках проектной деятельности ПК-6.3: Владеет навыками планирования и реализации мероприятий в рамках проектной деятельности с учетом требований действующей нормативной базы	Тест	Зачёт: Практическая задача

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
--	-------

Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	14
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	14
- КСР	1
самостоятельная работа	79
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	
	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
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.	33	4	4	8	25
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.	49	7	7	14	35
Тема 3. Моделирование когнитивной навигации. Нейрофизиологические основы когнитивной навигации. Локальные и глобальные модели навигации. Компактное внутренне 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.	25	3	3	6	19
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	14	14	29	79

Содержание разделов и тем дисциплины

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. Применение принципов функционального и объектно-ориентированного программирования в моделировании. Моделирование нейрона, синапсов и сети нейронов. Случайные величины и нейронный шум. Моделирование синаптической пластичности. Моделирование ассоциативного обучения. Нейрофизиологические основы когнитивной навигации. Компактное внутреннее представление (КВП). Кооперативное поведение на основе КВП. Применение КВП для управления конечностями. Пространство руки. Ассоциативная память и запоминание КВП. Моделирование движения мобильного робота.

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 - 6 ч.

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 - 6 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.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс ""Моделирование базовых когнитивных функций мозга"" (<https://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=7871>).

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-1:

- 1) Модель Ижикевича представляет собой:
 - a) биофизически детализированную модель динамики трансмембранного потенциала;
 - b) феноменологическую модель динамики трансмембранного потенциала;
 - c) биофизически детализированную модель химического синапса;

- d) феноменологическую модель химического синапса.
- 2) Частотное кодирование можно продемонстрировать в модельной нейронной сети со следующим типом долговременной синаптической пластичности:
 - a) парное правило STDP;
 - b) триплетное правило STDP;
 - c) BCM правило;
 - d) потенциал-зависимое правило STDP.
- 3) Наличие в нейронной сети с парным правилом STDP повторяющихся паттернов возбуждения ведет к тому, что:

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

- 1. Нейрон-резонатор характеризуется:
 - a. наличием определенного порога возбуждения;
 - b. отсутствием определенного порога возбуждения;
 - c. разной чувствительностью к внешней стимуляции, наносимой с разной частотой;
 - d. генерацией пачки импульсов в ответ на одиночное воздействие.
- 2. В нейронной сети с триплетным правилом STDP при наличии альтернативных путей проведения возбуждения и высокочастотной стимуляции будет усиливаться:
 - a. самый длинный путь;
 - b. самый короткий путь;
 - c. самый слабый путь;
 - d. самый сильный путь;
 - e. область, находящаяся в непосредственной близости к стимулятору.
- 3. Нейроаниматы представляют собой:
 - a. роботы, предназначенные для развлечения;
 - b. роботы-ассистенты, используемые для нейрореабилитации;

с. роботы, управляемые нейронными сетями и демонстрирующие некоторые аспекты поведения животных.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-6:

1. Модель Ижикевича представляет собой:
 - a. биофизически детализированную модель динамики трансмембранного потенциал а;
 - b. феноменологическую модель динамики трансмембранного потенциала
 - c. биофизически детализированную модель химического синапса;
 - d. феноменологическую модель химического синапса.

2. Частотное кодирование можно продемонстрировать в модельной нейронной сети со следующим типом долговременной синаптической пластичности:
 - a. парное правило STDP;
 - b. триплетное правило STDP;
 - c. BCM правило;
 - d. потенциал-зависимое правило STDP.

3. Наличие в нейронной сети с парным правилом STDP повторяющихся паттернов возбуждения ведет к тому, что:
 - a. каждый нейрон становится детектором начала локального (по отношению к данному нейрону) паттерна возбуждения;
 - b. каждый нейрон становится детектором конца локального (по отношению к данному нейрону) паттерна возбуждения;
 - c. каждый нейрон становится детектором всего локального (по отношению к данному нейрону) паттерна возбуждения.

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных ситуаций. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета. Студент активно работал на практических занятиях, чему подтверждением является высокий средний балл за текущую

Оценка	Критерии оценивания
	<p>успеваемость*. Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета. Студент активно работал на практических занятиях, чему подтверждением является высокий средний балл за текущую успеваемость. Хорошая подготовка. Студент дал полный ответ на все теоретические вопросы билета, но допустил небольшие неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Студент активно работал на практических занятиях, имеет высокие средний балл за текущую успеваемость. В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дал ответ на все теоретические вопросы билета, но допустил неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Имеются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы. Студент работал на практических занятиях, имеет хорошие средний балл за текущую успеваемость. Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показал минимальный уровень теоретических знаний, сделал существенные ошибки при ответе на вопрос при зачете, но при ответах на наводящие вопросы, смог правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ. Студент посещал практические занятия, но имеет низкие средний балл за текущую успеваемость.</p>
не зачтено	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дал ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы. Студент посещал практические занятия, но имеет очень низкий средний балл за текущую успеваемость. Студент отказался отвечать на вопросы зачёта

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор 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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы 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	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Задание 1

Запрограммировать функцию счета формального нейрона в виде взвешенного сумматора с функцией активации.

Задание 2

Организовать многослойную сеть формальных нейронов и реализовать функцию 1 такта счета такой сети, используя готовую функцию счета 1 нейрона.

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

1. Продemonстрировать эффект кратковременной синаптической депрессии.
2. Продemonстрировать эффект кратковременной синаптической фасилитации.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Задание выполнено, допускаются незначительные недочеты
не зачтено	Задание не выполнено

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Задачи по разделу «Использование искусственных нейронных сетей в практических задачах по классификации, регрессии и кластеризации»

Задача 1

Запрограммировать функцию счета формального нейрона в виде взвешенного сумматора с функцией активации.

Задача 2

Организовать многослойную сеть формальных нейронов и реализовать функцию 1 такта счета такой сети, используя готовую функцию счета 1 нейрона.

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Задание 1

Продemonстрировать классификацию ЭМГ-паттернов с помощью двухслойного персептрона.

Задание 2

Продemonстрировать эффект кратковременной синаптической депрессии и фасилитации.

Задание 3

Продemonстрировать эффект усиления кратчайшего пути распространения возбуждения в нейронной сети.

Задание 4

Продemonстрировать эффект ослабления альтернативных путей распространения возбуждения в нейронной сети.

Задание 5

Продemonстрировать эффект сетевой синхронизации при периодической локальной стимуляции.

Задание 6

Реализовать простейшую сеть с эффектом ассоциативного обучения.

Задание 7

Сгенерировать КВП для статической ситуации в программе "GUI_CIR". Сохранить полученные результаты в файл с изображением.

Задание 8

Сгенерировать КВП для динамической ситуации в программе "GUI_CIR". Сохранить полученные результаты в файл с изображением.

5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции ПК-6

1. Пройти компьютерный тест с динамическими и статическими объектами и сгенерировать КВП для статического варианта данного теста в программе "GUI_CIR".
2. Пройти компьютерный тест с динамическими и статическими объектами и сгенерировать КВП для динамического варианта данного теста в программе "GUI_CIR".

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическая задача)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Полученное задание выполнено с незначительными ошибками
не зачтено	Полученное задание не выполнено

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

Основная 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. Перова Валентина Ивановна. Нейронные сети в экономических приложениях : учеб. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 080500 "Бизнес-информатика" [и др.]. Ч. 2. Нейронные сети, обучаемые без учителя / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 135 с. - 118.22., 73 экз.

Дополнительная литература:

1. 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. <http://lcn.epfl.ch/~gerstner/VideoLecturesGerstner.html>
2. <http://www.izhikevich.org/publications/dsn/index.htm>
3. <http://www.pirobot.org/blog/0007>
4. <http://www.scholarpedia.org/article/STDP>
5. http://www.scholarpedia.org/article/Models_of_synaptic_plasticity
6. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>
7. [webofknowledge.com](http://www.webofknowledge.com)
8. www.scopus.com
9. elsevierscience.ru
10. 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 ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 06.04.01 - Биология.

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

Заведующий кафедрой: Казанцев Виктор Борисович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 05.12.2023, протокол № 2.

