

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Механико-математический факультет



УТВЕРЖДАЮ
декан механико-
математического факультета
/А.И. Шафаревич /
«14» октября 2021г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Введение в нейробиологию естественных нейронных сетей

Уровень высшего образования:
магистратура

Направление подготовки / специальность:
02.04.01 "Математика и компьютерные науки" (3++)

Направленность (профиль) ОПОП:
Цифровые технологии и искусственный интеллект

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и утверждена
на заседании Ученого совета Механико-математического факультета
(протокол №7, от 14 октября 2021 года)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 02.04.01 "Математика и компьютерные науки" утвержденного Приказом Министерства образования и науки РФ от 10 января 2018 г. N 13.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:

дисциплина относится к блоку профессиональной подготовки вариативной части ОПОП ВО.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть): нет

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю):

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
Содержание и код компетенции.	Индикатор (показатель) достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с индикаторами достижения компетенций
ПК-1. Способен исследовать и разрабатывать архитектуры систем искусственного интеллекта для различных предметных областей на основе комплексов методов и инструментальных средств систем искусственного интеллекта	ПК-1.1. Исследует и разрабатывает архитектуры систем искусственного интеллекта для различных предметных областей	ПК-1.1. З-1. Знает архитектурные принципы построения систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции основных подсистем (компонентов) и реализации их взаимодействия на основе методологии предметно-ориентированного проектирования ПК-1.1. У-1. Умеет выстраивать архитектуру системы искусственного интеллекта, осуществлять декомпозицию основных подсистем (компонентов) и реализации их взаимодействия на основе методологии предметно-ориентированного проектирования
ПК-5. Способен руководить проектами по созданию, поддержке и использованию системы искусственного интеллекта на основе нейросетевых моделей и методов	ПК-5.1. Руководит работами по оценке и выбору моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств для решения поставленной задачи ПК-5.2. Руководит созданием систем искусственного интеллекта на основе моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств ПК-5.3. Руководит проектами по разработке систем искусственного интеллекта на основе	ПК-5.1. З-1. Знает функциональность современных инструментальных средств и систем программирования в области создания моделей искусственных нейронных сетей ПК-5.1. У-1. Умеет проводить оценку и выбор моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств для решения задач машинного обучения ПК-5.1. У-2. Умеет применять современные инструментальные средства и системы

	<p>моделей глубоких нейронных сетей и нечетких моделей и методов</p>	<p>программирования для разработки и обучения моделей искусственных нейронных сетей</p> <p>ПК-5.2. З-1. Знает принципы построения систем искусственного интеллекта на основе искусственных нейронных сетей, методы и подходы к планированию и реализации проектов по созданию систем искусственного интеллекта</p> <p>ПК-5.2. У-1. Умеет руководить выполнением коллективной проектной деятельности для создания, поддержки и использования систем искусственного интеллекта на основе искусственных нейронных сетей</p> <p>ПК-5.3. З-1. Знает принципы построения моделей глубоких нейронных сетей и глубокого машинного обучения (с подкреплением и без)</p> <p>ПК-5.3. З-2. Знает подходы к применению моделей на основе нечеткой логики в системах искусственного интеллекта</p> <p>ПК-5.3. У-1. Умеет руководить выполнением коллективной проектной деятельности для создания, поддержки и использования систем искусственного интеллекта на основе моделей глубоких нейронных сетей и нечетких моделей и методов</p>
<p>ПК-7. Способен руководить проектами по созданию, внедрению и использованию одной или нескольких сквозных цифровых субтехнологий искусственного интеллекта в прикладных областях</p>	<p>ПК-7.5. Исследует и анализирует развитие новых направлений и перспективных методов и технологий в области искусственного интеллекта, участвует в исследовательских проектах по развитию перспективных направлений в области искусственного интеллекта (алгоритмическая имитация биологических систем принятия решений, автономное самообучение и развитие</p>	<p>ПК-7.5. З-1. Знает современное состояние и перспективы развития новых направлений, методов и технологий в области искусственного интеллекта</p> <p>ПК-7.5. У-1. Умеет проводить анализ новых направлений, методов и технологий в области искусственного интеллекта и определять наиболее перспективные для различных областей применения</p>

	адаптивности алгоритмов к новым задачам, автономная декомпозиция сложных задач, поиск и синтез решений)	
--	---	--

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе 32 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 76 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Номинальные трудозатраты обучающегося		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости* (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы				
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа			
Тема 1 Нервная ткань	2		8	10	тест
Тема 2 Механизмы возбудимости нейронов	6		10	16	тест
Тема 3 Межнейронная сигнализация в естественных нейронных сетях	6		10	16	тест
Тема 4 Рецепторы мембран нейронов	8		18	26	тест
Тема 5 Пластичность нейронов и синапсов	2		6	8	тест
Тема 6 Сенсорные системы: принципы строения и обработки сенсорной информации в	4		12	16	тест

естественных нейронных сетях зрительной системы позвоночных.					
Тема 7 Введение в устройство нейронных сетей мозга.	2		6	8	тест
Тема 8 Функциональные нейронные сети мозга и подходы к их анализу	2		6	8	тест
Другие виды самостоятельной работы (отсутствуют)	—	—	—	—	—
Промежуточная аттестация (экзамен)					
Итого	32		76	108	—

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Тема 1 Нервная ткань.	Нейронная доктрина. Клеточные элементы нервной ткани. Строение нейрона, особенности функционирования нейронов. Виды нейроглиальных клеток, их функциональная роль. Структурная организация естественных нейронных сетей центральной и периферической нервных систем организма.
2.	Тема 2 Механизмы возбудимости нейронов.	Строение и функции электровозбудимых биологических мембран. Потенциал покоя нервных клеток. Генерация потенциала действия. Механизм инактивации натриевой проводимости. Потенциал-зависимые ионные токи мембран нейронов. Потенциал-зависимые ионные каналы мембран нейронов. Механизмы активного ионного транспорта мембран нейронов. Проведение электрических потенциалов в мембранах нервных клеток. Электрические характеристики нейронов.
3.	Тема 3 Межнейронная сигнализация в естественных нейронных сетях.	Типы межклеточной сигнализации: неспецифическая сигнализация, электрический синапс, химический синапс. Структурные, функциональные и морфологические особенности химических синапсов. Механизм экзоцитоза нейромедиаторов. Несинаптическая передача нейромедиаторов. Общая характеристика (критерии) нейромедиаторов и их физиологические эффекты. Нетипичные нейромедиаторы. Нейромедиаторные системы в мозге позвоночных.
4.	Тема 4 Рецепторы мембран нейронов.	Рецепторы прямой синаптической передачи (ионотропные): особенности структуры, кинетики и функционирования. Рецепторы непрямо синаптической передачи (метаботропные): особенности структуры, кинетики и функционирования. Молекулярные каскады непрямо синаптической передачи. Вторичные посредники. Возбуждающие и тормозные синапсы. Возбуждающие и тормозные

		постсинаптические потенциалы. Прямое и не прямое синаптическое торможение. Пресинаптическое торможение.
5.	Тема 5 Пластичность нейронов и синапсов.	Клеточные и молекулярные механизмы нейропластичности. Привыкание и сенситизация в простых нейронных сетях моллюсков. Долговременная потенциация и депрессия синаптической передачи в нейронных сетях млекопитающих.
6.	Тема 6 Сенсорные системы: принципы строения и обработки сенсорной информации в естественных нейронных сетях на примере зрительной системы позвоночных.	Общие принципы организации сенсорных систем. Рецепторы, трансдукция, рецепторный и генераторный потенциал. Кодирование сенсорных сигналов. Ощущение и восприятие. Понятие порога в психофизике. Зрительная система. Строение глаза млекопитающих. Фоторецепторы и механизмы фототрансдукции. Строение и физиология сетчатки. Латеральное колочатое тело. Рецептивные поля нейронов первичной зрительной коры. Анатомо-функциональное подразделение зрительной системы: понятие о дорсальном и вентральном потоке зрительной информации. Механизмы цветового зрения. Движения глаз как моторный компонент зрения.
7.	Тема 7 Введение в устройство нейронных сетей мозга.	Нейронная теория и связи в нервной сети. Узлы и ребра в нервных сетях. Картирование нейронных сетей на клеточном и системном уровне. Коннектомы. Структурная и функциональная связанность на микроуровне. Структурная и функциональная связанность на макроуровне. Матрицы связности и графы нейронных сетей. Компоненты, ядра и клубы избранных. Мотивы, модульность и сообщества в нейронных сетях. Рост и развитие нейронных сетей. Когнитивные нейронные сети.
8.	Тема 8. Функциональные нейронные сети мозга и подходы к их анализу	Понятие функциональных или когнитивных нейронных сетей, энграммы. Механизмы формирования и поддержания функциональных нейронных сетей (ФНС). Динамические свойства ФНС. ФНС на микро- и макроуровнях. Примеры специфических ФНС. Энграммы и их основные свойства. Подходы к исследованию ФНС: применение трансгенных животных и вирусной трансдукции, методы ex vivo визуализации ФНС на срезах мозга, in vivo методы регистрации активности нейронов ФНС: электрофизиологические методы, оптический имиджинг, каузальные методы исследования ФНС, оптогенетические технологии.

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Вопросы тестов

1. Какие элементы нервной ткани способны к генерации и передаче потенциалов действия?
2. Выберите из списка функции, которые выполняет нейроглия.
3. Где находится чувствительный нейрон рефлекторной дуги рефлекса отдергивания руки?
4. Установите соответствие между элементами нервной ткани и выполняемыми ими функциями.
5. Из каких слоев состоят биологические мембраны?
6. Какие процессы приводят к тому, что потенциал покоя отличается от нуля?
7. Какие из перечисленных процессов участвуют в генерации потенциала действия?
8. Выберите правильную последовательность событий при генерации потенциала действия.
9. Какие из приведенных в списке каналов являются потенциал-зависимыми?
10. Установите соответствие между структурными частями синапса и их функциями.
11. Выберите из списка вещества, являющиеся нейромедиаторами.
12. Какие из приведенных примеров являются примерами неассоциативных форм обучения?
13. Как называется процесс, при котором сенсорные рецепторы и нервная система получают и перерабатывают энергию стимулов?
14. Как называется процесс, организации и интерпретации сенсорной информации, позволяющий нам распознавать значение объектов и событий?
15. Определите, какие структуры глазного яблока изображены на рисунке.
16. Выберите цифры на рисунке, которые соответствуют перечисленным ниже структурам зрительной системы.
17. Выберите структуры зрительной системы, соответствующие цифрам на рисунке.
18. Определите, какие рецепторы изображены на рисунке.
19. Выберите схемы работы нейронов с «on» и «of» центрами в которых допущены ошибки.
20. Выберите верные утверждения, описывающие работу зрительного анализатора.
21. Что возникает в начале в процессе трансдукции на мембране рецепторной клетки?
22. Что входит в состав центральной ямки?
23. Какие утверждения верны для описания нейронов – детекторов лиц?

24. Проанализируйте зависимости, приведенные на графиках и укажите, какие выводы можно сделать на основании анализа представленных данных.
25. Возникновение какой из зрительных иллюзий, представленных на рисунке связано с особенностями физиологии клеток сетчатки?
26. Откуда и куда идет зрительный путь «где»?
27. Иллюстрацией какого биологического механизма является данный рисунок?
28. В каких структурах головного мозга существует ретинотопическая проекция?
29. На рисунке приведено распределение фоторецепторов. Определите, какие это рецепторы.
30. Выберите из списка свойства, характерные для коннектома.

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине, критерии и шкалы оценивания

Вопросы к экзамену:

1. Основные положения нейронной доктрины. Строение и функции нейронов.
2. Основные типы нейронов и клеток нейроглии. Типы межнейронных контактов.
3. Потенциал покоя. Ионные градиенты.
4. Ионный механизм генерации потенциала действия в аксоне и соме нейронов.
5. Потенциал-зависимые ионные каналы. Общие свойства, структура и подразделение.
6. Механизмы активного транспорта ионов. Системы первичного активного транспорта. Ионные насосы.
7. Системы вторичного активного транспорта. Ионные обменники.
8. Проведение потенциалов в мембранах нервных клеток. Кабельные свойства нервных волокон. Немиелинизированные и миелинизированные волокна.
9. Синапсы прямой синаптической передачи. Механизм экзоцитоза нейромедиатора.
10. Нейромедиаторы центральной нервной системы.
11. Характеристика рецепторов прямой синаптической передачи.
12. Характеристика рецепторов непрямо́й синаптической передачи.
13. Общая схема внутриклеточных каскадов, инициируемых metabotropic рецепторами.
14. Вторичные посредники. Каскады, инициируемые вторичными посредниками
15. Возбуждающие постсинаптические потенциалы и ионные токи.
16. Тормозные постсинаптические потенциалы и ионные токи.
17. Механизмы пресинаптического торможения.

18. Механизмы пресинаптической нейропластичности у моллюсков.
19. Механизмы постсинаптической нейропластичности в гиппокампе.
20. Элементы теории объемного проводника. Электрические характеристики нейронов. Электрические модели нейрона.
21. Строение и физиология сетчатки. Связи между ее клеточными элементами. Оппонентные рецептивные поля ганглиозных клеток сетчатки. Основные функциональные типы ганглиозных клеток и их свойства (магно-, парво- и кониоцеллюлярные системы).
22. Центральные механизмы зрения. Латеральное колленчатое тело. Ретинотопическая организация первичной зрительной коры. Полосы глазодоминантности, ориентационные колонки, капли, гиперколонки.
23. Анатомо-функциональная дихотомия зрительной системы. Дорсальный и вентральные пути обработки зрительной информации. Механизмы зрительного пространственного внимания.
24. Экспериментальные методы структурного картирования нейронных сетей.
25. Экспериментальные методы функционального картирования нейронных сетей.
26. Методы и программные средства для построения коннектомов.
27. Реконструированные в настоящее время коннектомы разных организмов, их общие и специфические свойства.
28. Основные свойства функциональных нейронных сетей.
29. Примеры функциональных нейронных сетей в мозге.
30. Методы исследования функциональных нейронных сетей.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине				
Оценка	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
виды оценочных средств				
Знания (виды оценочных средств: опрос, тесты)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: практические задания)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности)	Успешное и систематическое умение

			непринципиального характера)	
Навыки (владения, опыт деятельности) <i>(виды оценочных средств: выполнение и защита курсовой работы, отчет по практике, отчет по НИР и т.п.)</i>	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература

1. Николлс Дж.Г., Мартин А.Р., Валлас Дж.Б., Фукс П.А. От нейрона к мозгу. М.: Изд-во УРСС, 2003 (2016, 2019).
2. Савельев С.В. Сравнительная анатомия нервной системы позвоночных. М.: Изд-во "Гэотар-Мед", 2001.
3. Смит К., Биология сенсорных систем. Изд. «Бином. Лаборатория знаний», М., 2005.

Дополнительная литература

1. Шульговский В.В. Основы нейрофизиологии. М: Аспект Пресс, 2000
2. Баарс Б., Гейдж Н. Мозг, познание, разум: введение в когнитивные нейронауки. В 2 томах. М. : БИНОМ, 2014.
3. Картер Р. Как работает мозг. М.: «АСТ», 2015.

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Операционная система Microsoft Windows 7 корпоративная академическая лицензия
2. Операционная система Microsoft Windows 10 Education академическая лицензия

3. Программный продукт Microsoft Office 2013 академическая лицензия

7.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. <http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ
2. <http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования
3. <http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации
4. <http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Портал MedUniver. Неврология, <https://meduniver.com/Medical/Anatom/348.html>
2. Портал Фоксфорд. Нервная система. Общие сведения, <https://foxford.ru/wiki/biologiya/nervnaya-sistema-obschie-svedeniya>
3. Университетская библиотека Online [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО "Директ-Медиа" . - М. : [б. и.], 2001. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц. URL: www.biblioclub.ru
4. Универсальные базы данных East View [Электронный ресурс] : информационный ресурс / East View Information Services. - М. : [б. и.], 2012. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц. URL: www.ebiblioteka.ru
5. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : информационный портал / ООО "РУНЭБ" ; Санкт-Петербургский государственный университет. - М. : [б. и.], 2005. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц. URL: www.eLibrary.ru

8.2. Описание материально-технического обеспечения.

Механико-математический факультет, ответственный за реализацию данной Программы, располагает соответствующей материально-технической базой, включая современную вычислительную технику, объединенную в локальную вычислительную сеть, имеющую выход в Интернет. Используются специализированные компьютерные классы, оснащенные современным оборудованием. Материальная база факультета соответствует действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивает проведение всех видов занятий (лабораторной, практической, дисциплинарной и междисциплинарной подготовки) и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом.

9. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

10. Разработчик (разработчики) программы.

д.б.н., профессор Латанов А.В., к.б.н., доцент Напалков Д.А.