

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 нейрон-глиальных сетей мозга

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы

Биоинформатика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01 Моделирование нейрон-глиальных сетей 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 руководить научными исследованиями и опытно-конструкторскими разработками, в области информатики и информационных технологий (ФИИТ), и формировать их новые направления в области профессиональной деятельности	ПК-1.1: Знает проблематику и методы научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности ПК-1.2: Имеет навыки выполнения научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности ПК-1.3: Имеет навыки руководства исследованиями и опытно-конструкторскими разработками в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности, и формирования их новых направлений	ПК-1.1: Знает основные понятия, необходимые для построения нейроно-глиальных моделей сетей ПК-1.2: Умеет применять теоретические знания и основные методы нелинейной динамики для исследования математических моделей в нейробиологии, а также анализировать и представлять полученные данные ПК-1.3: Владеет основными методами нелинейной динамики и бифуркационного анализа для исследования математических моделей в нейробиологии	Задачи Тест	Зачёт: Контрольные вопросы Задания

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	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
самостоятельная работа	75
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
1 Введение. Современные подходы к моделированию нейронных систем мозга. Вычислительная нейронаука	9	2		2	7
2. Модель Ходжкина-Хаксли. Потенциал покоя. Формализм воротных частиц и воротных переменных. Потенциал действия	13	4		4	9
3. Упрощенные модели нейронов. Редукция уравнений Ходжкина-Хаксли. $I_{Na,t}$, $I_{Na,p}+I_K$ модели	12	4		4	8
4. Модель Фитц-Нагумо. Классы возбудимости динамических систем, пороговые множества и пороговое многообразие.	11	2		2	9
5. Отклик нейрона на импульсный внешний сигнал. Нейрон-интегратор	12	4		4	8
6. Резонансные свойства нейронов. Динамическое преобразование импульсных последовательностей	13	4		4	9
7. Синаптические связи. Гэп-контакт. Модели химических синапсов. Синаптическая пластичность. Кратковременная частотно-зависимая пластичность. Модели STDP пластичности	12	4		4	8
8. Нейронные сети. Архитектура синаптических связей. Синхронизация в сетях электрически связанных нейронов	13	4		4	9
9. Нейронные сети возбуждающих и тормозных нейронов с локальными и нелокальными связями. Корреляционный граф	12	4		4	8
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	108	32	0	33	75

Содержание разделов и тем дисциплины

1 Введение. Современные подходы к моделированию нейронных систем мозга. Вычислительная нейронаука

2. Модель Ходжкина-Хаксли. Потенциал покоя. Формализм воротных частиц и воротных переменных. Потенциал действия.
3. Упрощенные модели нейронов. Редукция уравнений Ходжкина-Хаксли. $I_{Na,t}$, $I_{Na,p} + I_K$ модели
4. Модель Фитц-Нагумо. Классы возбудимости динамических систем, пороговые множества и пороговое многообразие.
5. Отклик нейрона на импульсный внешний сигнал. Нейрон-интегратор
6. Резонансные свойства нейронов. Динамическое преобразование импульсных последовательностей
7. Синаптические связи. ГЭП-контакт. Модели химических синапсов. Синаптическая пластичность. Кратковременная частотно-зависимая пластичность. Модели STDP пластичности
8. Нейронные сети. Архитектура синаптических связей. Синхронизация в сетях электрически связанных нейронов
9. Нейронные сети возбуждающих и тормозных нейронов с локальными и нелокальными связями. Корреляционный граф

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.

- электронный курс

1. Электронно-библиотечная система «Консультант студента».
2. Электронно-библиотечная система «Лань».
3. Электронно-библиотечная система «Znaniium.com».
4. Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ».
5. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE».
6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU»

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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

Задача 1.

Исследовать динамику уравнения

а)

$$\dot{x} = \mu x + x^3$$

$$\dot{x} = \mu x - x^3$$

Задача 2.

Исследовать динамику уравнения

$$\ddot{\varphi} + \sin \varphi = -\gamma > 0$$

где параметр $\gamma > 0$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	студент обладает системными теоретическими знаниями, правильно выполнил практическую задачу, дал полный и развернутый ответ.
не зачтено	студент не обладает достаточным уровнем теоретических знаний, не справился с предложенной практической задачей, не справился с дополнительным заданием.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

Траектории динамических систем, такие как неподвижная точка и периодические траектории соответствуют следующим состояниям реальных систем

1. Стационарное состояние и периодические движения;
2. Движения с некоторым повторением их состояний во времени
3. Состояния равновесия

2

Динамические системы называются автономными, если

1. Правая часть системы явно зависит от времени
2. Правая часть системы явно не зависит от времени
3. Правая часть системы явно зависит от переменной

3

Динамическая система обладает свойством грубости если для нее справедливо, что

1. При малых изменениях параметров должна оставаться неизменной качественная структура разбиения фазового пространства на траектории

2. При больших изменениях параметров должна оставаться неизменной качественная структура разбиения фазового пространства на траектории

3. При малых изменениях параметров должна оставаться неизменной зависимости переменной от времени

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	50-100% правильных ответов
не зачтено	менее 50% правильных ответов

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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

			объеме	некоторые с недочетами	недочетами	и, выполнены все задания в полном объеме	
<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-1

вопросы	Код формируемой компетенции
1. Дать определение гармонических колебаний.	ПК 1

2. Какие колебания называют свободными / вынужденными?	ПК 1
3. Линейные и нелинейные динамические системы	ПК 1
4. Фазовый портрет и его свойства.	ПК 1
5. Упрощенные модели нейронов. Редукция уравнений Ходжкина-Хаксли	ПК 1
6. Модель Фитц-Нагумо. Классы возбудимости динамических систем	ПК 1
7. Модели химических синапсов.	ПК 1
8. Кратковременная частотно-зависимая пластичность	ПК 1
9. Модели STDP пластичности	ПК 1
10. Синхронизация в сетях электрически связанных нейронов	ПК 1

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в полном объеме, соответствующем программе подготовки, допускаются несколько негрубых ошибок.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1

- 1 Провести качественный анализ ДС на прямой: найти все с.р., определить их устойчивость, построить фазовый портрет, зависимость $x(t)$, бифуркационную диаграмму: ПК-1
- $$\dot{x} = \mu x/3 + x^2$$

- 2 Провести качественный анализ ДС на прямой: найти все с.р., определить их устойчивость, построить фазовый портрет, зависимость $x(t)$, бифуркационную диаграмму: ПК-1
- $$\dot{x} = \mu x + x^3/9$$

- 3 Провести качественный анализ ДС на плоскости: найти все с.р., классифицировать их, построить фазовые портреты в окрестности с.р.: ПК-1

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

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

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

Основная литература:

1. Биофизика : учеб. для вузов / под ред В. Г. Артюхова. - 2-е изд. - М. : Академический Проект, 2013. - 294 с. - (Фундаментальный учебник) (Gaudeamus). - Авт. указ. на обороте тит. л. - ISBN 978-5-8291-1495-4 : 525.00., 20 экз.
2. Гайворонский Иван Васильевич. Анатомия центральной нервной системы и органов чувств : учеб. для акад. бакалавриата. - М. : Юрайт, 2016. - 293 с. - (Бакалавр. Академический курс). - ISBN 978-5-9916-5864-5 : 240.00., 1 экз.
3. Некоркин Владимир Исаакович. Лекции по основам теории колебаний : учеб. пособие для студентов ННГУ, специализирующихся в области радиофизики, приклад. математики и мат. моделирования / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 311 с. - ISBN 978-5-91326-230-1 : 162.13., 148 экз.

Дополнительная литература:

1. Рубин Андрей Борисович. Биофизика : учеб. для студентов биол. специальностей вузов : в 2 кн. Кн. 1. Теоретическая биофизика. - М. : Высшая школа, 1987. - 319 с. : ил. - 1.30., 108 экз.
2. Рубин Андрей Борисович. Биофизика : учеб. для студентов биол. специальностей вузов : в 2 кн. Кн. 2. Биофизика клеточных процессов. - М. : Высшая школа, 1987. - 302, [1] с. : ил. - 1.30., 93 экз.
3. Рабинович Михаил Израилевич. Введение в теорию колебаний и волн. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1992. - 454, [1] с. : ил. - 62.50., 1 экз.

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

<http://www.scholarpedia.org/article/STDP>
http://www.scholarpedia.org/article/Models_of_synaptic_plasticity
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>
webofknowledge.com
www.scopus.com

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 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Казанцев Виктор Борисович, 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 декабря 2023, протокол № 09/23.