

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра компьютерных сетей

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета ИВТ

 Д.Ю. Чалый

«18» мая 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

«Нейросети на основе импульсной модели нейрона»

Направление подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль)

«Прикладная математика и информатика»

Квалификация выпускника

Бакалавр

Форма обучения

очная

Программа рассмотрена
на заседании кафедры
от 16 апреля 2021 г., протокол № 8

Программа одобрена НМК
факультета ИВТ
протокол № 7 от 17 мая 2021 г.

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целями дисциплины «Нейросети на основе импульсной модели нейрона» являются знакомство с непрерывными моделями нейронов, изучение основ теории дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом, вывод уравнений, описывающих различные модели импульсных нейронов, построение сетей из таких нейронов, освоение методов асимптотического исследования моделей.

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина «Нейросети на основе импульсной модели нейрона» относится к вариативной части (дисциплина по выбору) ОП бакалавриата.

Для освоения данной дисциплиной студенты должны изучить такие дисциплины, как «Математический анализ», «Алгебра и геометрия», «Дифференциальные уравнения», «Комплексный анализ», «Функциональный анализ».

Полученные в рамках дисциплины «Нейросети на основе импульсной модели нейрона» знания расширят представление студентов о моделях нейронов и многообразии решаемых с помощью нейросетей задач.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Профессиональные компетенции		
ПК-1 Способен понимать, анализировать и совершенствовать данные современных научных исследований	ПК – 1.1 Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и/или естественных наук, программирования и информационных технологий	Знать: – теорию дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом, постановку задач, основные модели импульсных нейронов; Уметь: – решать задачи для уравнений с запаздывающим аргументом, строить модели нейронных сетей Владеть навыками: – использования метода асимптотического интегрирования при исследовании моделей нейронных сетей.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3зач.ед., 108акад.час.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
			Контактная работа							
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа		
1.	Раздел 1. Дифференциальные уравнения с отклоняющимся аргументом	5	4	4		1		8	Контрольная работа №1.	
2.	Раздел 2. Модель нейрона- автогенератора	5	4	4		1		8	Индивидуальное задание №1.	
3.	Раздел 3. Сети из нейронов- автогенераторов	5	6	6		1		8	Контрольная работа №2.	
4	Раздел 4. Сети из пороговых нейронов	5	4	4		2		7	Индивидуальное задание №2.	
	Всего за 5 семестр		18	18		5		31	Экзамен	
	Всего		18	18		5		31		

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Дифференциальные уравнения с отклоняющимся аргументом.

- 1.1. Понятие о дифференциальных уравнениях с отклоняющимся аргументом.
- 1.2. Классификация уравнений с отклоняющимся аргументом.
- 1.3. Постановка задачи Коши для дифференциальных уравнений с запаздыванием. Метод шагов.
- 1.4. Свойства решений линейных уравнений с запаздыванием.
- 1.5. Линейные уравнения с постоянными коэффициентами.

Раздел 2. Модель нейрона-автогенератора.

- 2.1. Калиево-натриевый цикл. Схема генерации спайка.
- 2.2. Вывод дифференциального уравнения с запаздыванием, описывающего динамику нейрона-автогенератора.
- 2.3. Исследование модели.

Раздел 3. Сети из нейронов-автогенераторов.

- 3.1. Модель синаптического взаимодействия.
- 3.2. Вычисление латентного периода.
- 3.3. Модель кольца из четырех нейронов.
- 3.4. Модель кольца из N нейронов, кратные волны.
- 3.5. Модель пачечного воздействия на нейрон.

Раздел 4. Сети из пороговых нейронов.

- 4.1. Модель порогового нейрона.
- 4.2. Понятие о диффузионном взаимодействии.
- 4.3. Модель кольца из шести пороговых нейронов.
- 4.4. Клеточная сеть из пороговых нейронов.

5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Практическое занятие – занятие, посвященное решению конкретных задач и закреплению полученных на лекции знаний.

Самостоятельная работа реализуется:

1. Непосредственно в процессе аудиторных занятий.
2. В контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
3. В библиотеке, дома, и т.д. при выполнении студентом домашних заданий.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

– для формирования текстов материалов для промежуточной и текущей аттестации, для разработки документов, презентаций, для работы с электронными таблицами - программы OfficeStd 2013 RUSOLPNLAcdmc 021-10232, LibreOffice (свободное), издательская система LaTeX;

– для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ – Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

а) основная:

1. Ануфриенко, С. Е., Модели импульсных нейронов : метод. указания / С. Е. Ануфриенко ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2009, 43с
2. Ануфриенко, С. Е., Модели импульсных нейронов [Электронный ресурс] : метод. указания / С. Е. Ануфриенко ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2009, 43с

3. Ануфриенко, С. Е., Нейронные модели на основе импульсного нейрона : учеб. пособие для вузов / С. Е. Ануфриенко ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2012, 77с

4. Ануфриенко, С. Е., Нейронные модели на основе импульсного нейрона [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / С. Е. Ануфриенко ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2012, 77с

б) дополнительная:

1. Ярушкина, Н. Г., Основы теории нечетких и гибридных систем : учеб. пособие для вузов / Н. Г. Ярушкина, М., Финансы и статистика, 2004, 320с

2. Майоров, В. В., Импульсные нейросети : учеб. пособие для вузов / В. В. Майоров, С. Е. Ануфриенко ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2006, 97с

в) ресурсы сети «Интернет»

Электронно-библиотечная система «Юрайт»(<https://urait.ru/>).

Электронно-библиотечная система «Лань»(<https://e.lanbook.com/>).

8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

-учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и практических занятий (семинаров);

- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,

- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;

-помещения для самостоятельной работы.

Автор(ы) :

Доцент кафедры компьютерных сетей, к.ф.-м.н. Коновалов Е.В.

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Нейросети на основе импульсной модели нейрона»
Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

1.1. Контрольные задания и иные материалы, используемые в процессе текущей аттестации

Контрольные задания формируют компетенцию ПК-2

Задания для самостоятельной работы

Задания по теме №1. «Дифференциальные уравнения с отклоняющимся аргументом»

1. Поставить задачу Коши для уравнения запаздывающего типа с несколькими запаздываниями (Майоров В.В., Ануфриенко С.Е. «Импульсные нейросети» - п. 1.3).
2. Исследовать особенности расположения на комплексной плоскости корней характеристического квазиполинома уравнения запаздывающего типа (Майоров В.В., Ануфриенко С.Е. «Импульсные нейросети» - п. 1.6).
3. Исследовать особенности расположения на комплексной плоскости корней характеристического квазиполинома уравнения опережающего типа (Майоров В.В., Ануфриенко С.Е. «Импульсные нейросети» - п. 1.6).

Задания по теме №2. «Модель нейрона-автогенератора»

1. Найти положения равновесия в уравнении, описывающем модель нейрона-автогенератора и исследовать их устойчивость (Майоров В.В., Ануфриенко С.Е. «Импульсные нейросети» - п. 2.3).

Задания по теме №3. «Сети из нейронов-автогенераторов»

1. Изучить модель двойного кольца (Майоров В.В., Ануфриенко С.Е. «Импульсные нейросети» - п. 4.5).
2. Изучить условия существования и параметры периодического режима «трехкратная волна» (Майоров В.В., Ануфриенко С.Е. «Импульсные нейросети» - п. 4.4).

Задания по теме №4. «Сети из пороговых нейронов»

1. Описать волновые режимы в клеточной нейронной сети из пороговых нейронов (Майоров В.В., Ануфриенко С.Е. «Импульсные нейросети» - п. 5.4).

Критерии оценки результатов самостоятельной работы :

- уровень освоения учебного материала;
- уровень умения использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- уровень сформированности общеучебных умений;
- уровень умения активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения материала;
- уровень умения ориентироваться в потоке информации, выделять главное;

- уровень умения четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- оформление материала в соответствии с требованиями.

Описание процедуры выставления оценки

Оценка «отлично» (компетенция сформирована на высоком уровне):

- Задание решено верно,
- Оформлено по требованиям,
- Решение изложено достаточно полно и чётко.
- Даны правильные формулировки, точные определения, понятия терминов.
- Студент может обосновать свой ответ, привести необходимые примеры;
- Правильно отвечает на дополнительные вопросы преподавателя.

Оценка «хорошо» (компетенция сформирована на продвинутом уровне):

- Задание решено верно,
- Оформлено по требованиям,
- Но, решение изложено недостаточно полно и чётко (не менее 70 % от полного)
- При изложении были допущены 1-2 несущественные ошибки;
- Даны правильные формулировки, точные определения, понятия терминов;
- Студент может обосновать свой ответ, привести необходимые примеры;
- Однако, есть затруднения при ответах на вопросы преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» (компетенция сформирована на пороговом уровне):

- Более половины задания решено верно,
- Задание оформлено по требованиям,
- Решение изложено недостаточно полно и чётко (не менее 70 % от полного), при изложении некоторых заданий допущена 1 существенная ошибка, приводящая к неверному ответу.
- Студент знает и понимает основные положения данной темы, но допускает неточности в формулировки понятий;
- излагает выполнение задания недостаточно логично и последовательно;
- затрудняется при ответах на вопросы преподавателя.
- Оценка «неудовлетворительно» (компетенция не сформирована):
- Более половины задания решено неверно,
- Решение изложено неполно и нечётко (менее 50 % от полного), при изложении многих задач были допущены существенные ошибки, приводящая к неверному ответу.
- Студент не знает или не понимает основные положения данной темы, затрудняется при ответах на вопросы преподавателя.

Среднее арифметическое по всем видам текущего контроля СРС составляет оценочный показатель студента, который влияет на выставление итоговой оценки по результатам изучения дисциплины и допуск к итоговой аттестации по дисциплине.

Типовые индивидуальные задания

(компетенция ПК-2)

Индивидуальная работа №1.

1. Исследовать модель нейрона-автогенератора с дополнительными «ф-воротами» (Ануфриенко С.Е., Коновалов Е.В. «Нейронные модели на основе импульсного нейрона» - п. 2.1).

- Исследовать модель нейрона-автогенератора, учитывающую токи утечки (Ануфриенко С.Е., Коновалов Е.В. «Нейронные модели на основе импульсного нейрона» - п. 1.4).

Индивидуальная работа №2.

- Исследовать модель порогового нейрона с дополнительными «h-воротами» (Ануфриенко С.Е., Коновалов Е.В. «Нейронные модели на основе импульсного нейрона» - п. 3.1).
- Исследовать устойчивость положения равновесия в модели порогового нейрона (Ануфриенко С.Е., Коновалов Е.В. «Нейронные модели на основе импульсного нейрона» - п. 3.1).
- Определить минимальный размер кольца из диффузионно связанных пороговых нейронов, в котором существует периодический режим «бегущая волна» (Ануфриенко С.Е., Коновалов Е.В. «Нейронные модели на основе импульсного нейрона» - п. 3.5).

Критерии оценки выполнения индивидуального задания:

Оценка	Критерии
Отлично (компетенция сформирована на высоком уровне)	<p>Выполненная работа полностью соответствует поставленному заданию.</p> <p>Работа выполнена на высоком теоретическом и практическом уровне. Обучающийся свободно ориентируется в материале и отвечает без затруднений на вопросы по теме задания.</p> <p>Студент проявляет инициативу, навыки работы в коллективе и организационные способности. Способен к выполнению сложных заданий, постановке целей и выборе путей их реализации.</p>
Хорошо (компетенция сформирована на продвинутом уровне)	<p>Выполненная работа полностью соответствует поставленному заданию, возможны небольшие неточности не влияющие на решение задачи в целом..</p> <p>Работа выполнена на достаточно высоком теоретическом и практическом уровне. Обучающийся относительно полно ориентируется в материале и отвечает без затруднений на вопросы по теме задания. Допускает незначительное количество ошибок.</p> <p>Далеко не всегда проявляет инициативу. Способен к выполнению сложных заданий</p>
Удовлетворительно (компетенция сформирована на пороговом уровне)	<p>Уровень недостаточно высок. Допускаются ошибки и затруднения при изложении материала.</p> <p>Выполнена большая часть требований задания.</p>
Неудовлетворительно (компетенция не сформирована)	<p>Требования поставленной задачи практически не выполнены. При контроле студент допускает значительные ошибки, обнаруживает лишь начальную степень ориентации в материале. Не работал в коллективе. Большая часть работы не выполнена.</p>

Типовой вариант контрольной работы

Контрольная работа №1.

(проверка ПК-2, тема: линейные дифференциальные уравнения с запаздыванием)

Задания	Ответы
1. Выписать характеристический квазиполином: $\ddot{x}(t) - 2\dot{x}(t) + 7\ddot{x}(t-3) + 3\ddot{x}(t-1) - 4\dot{x}(t-2) - 5x(t) - 9x(t-5) = 0.$	$\lambda^3 - 2\lambda^2 + 7\lambda^2 e^{-3\lambda} + 3\lambda^2 e^{-\lambda} - 4\lambda e^{-2\lambda} - 5 - 9e^{-5\lambda} = 0$
2. Найти общее решение уравнения: $y'' - 6y' + 25y = 2 \sin x.$	$y = C_1 e^{3x} \cos 4x + C_2 e^{3x} \sin 4x + \frac{1}{51} \cos x + \frac{4}{51} \sin x.$
3. Построить решение методом шагов на промежутке $t \in [1;3]$: $\dot{x}(t) = 3x(t) - 2x(t-1);$ $x(t) = t, t \in [0;1].$	$x(t) = \begin{cases} -\frac{5}{9}e^{3(t-1)} + \frac{2}{3}t + \frac{8}{9}, & t \in [1; 2] \\ \frac{30t-28}{27}e^{3(t-2)} - \frac{5}{9}e^{3(t-1)} + \frac{4}{9}t + \frac{4}{27}, & t \in [2; 3] \end{cases}$

Правила выставления оценки по результатам контрольной работы № 1:

Оценка по результатам контрольной работы считается в баллах по следующему принципу: правильно выполненное

задание №1 – 0,5 балла,

задание №2 – 1 балл,

задание №3 – 2,5 балла.

Задания №2 и №3 могут быть оценены частично.

В задании №2 ставится:

0,5 балла – если правильно выписано общее решение, но при вычислении коэффициентов допущена арифметическая ошибка;

Полностью неправильно выполненное задание - 0 баллов.

В задании № 3 ставится:

2 балла – если при верном в целом решении допущена арифметическая ошибка, из-за которой получился неверный ответ;

1,5 балла – если правильно решена первая часть задания и правильно записаны условия для второй части, но найдено только одно частное решение;

1 балл – если правильно решена первая часть задания и правильно записаны условия для второй части, но само решение не найдено;

0,5 балла – если правильно решена только первая часть задания;

Полностью неправильно выполненное задание - 0 баллов.

Максимальное количество баллов по итогам самостоятельной работы – 4 балла.

Набранное количество баллов

от 3,5 до 4 соответствует формированию на данном этапе освоения дисциплины проверяемых умений на высоком уровне (оценка «отлично»),

2,5-3 балла – на продвинутом уровне (оценка «хорошо»),

1,5-2 балла – на пороговом уровне (оценка «удовлетворительно»),

менее 1,5 баллов – умения не сформированы (оценка «неудовлетворительно»).

Контрольная работа №2.

(проверка ПК-2, тема: вычисление латентного периода)

Задания	Ответы
---------	--------

<p>1. Рассчитать величину латентного периода при следующих условиях: время поступления первого сигнала – $(t_V - \xi)$ (сила – g_1), время поступления второго сигнала – t_V (сила – g_2), начало вызванного спайка – t_S, $T_R < t_V - \xi$, $0 < \xi < T_1$, $t_S > t_V + T_1$.</p>	$Q = (t_S - t_V) = T_2 - (g_1 + g_2)T_1 - t_V.$
--	---

Правила выставления оценки по результатам контрольной работы № 2:

Оценка по результатам контрольной работы считается в баллах по следующему принципу: правильно выполненное задание – 2,5 балла

Задание может быть оценено частично, а именно:

2 балла – если при верном в целом решении допущена арифметическая ошибка, из-за которой получился неверный ответ;

1,5 балла – если правильно составлена схема решения, но решение не доведено до конца;

1 балл – если при составлении схемы допущена одна ошибка;

0,5 балла – если при составлении схемы допущено более одной ошибки;

Полностью неправильно выполненное задание – 0 баллов.

Максимальное количество баллов по итогам самостоятельной работы – 4 балла.

Набранное количество баллов

от 2 до 2,5 соответствует формированию на данном этапе освоения дисциплины проверяемых умений на высоком уровне (оценка «отлично»),

1,5 балла – на продвинутом уровне (оценка «хорошо»),

1 балл – на пороговом уровне (оценка «удовлетворительно»),

менее 1 балла – умения не сформированы (оценка «неудовлетворительно»).

Тест для самопроверки по результатам освоения дисциплины.

Проверка сформированности компетенций ПК-2 (правильные ответы подчеркнуты)

1. Среди типов уравнений с отклоняющимся аргументом нет...

- а) нейтрального;
- б) уникального;
- в) опережающего;
- г) запаздывающего.

2. Метод решения задачи Коши для уравнения запаздывающего типа называется методом ...

- а) шагов;
- б) приближений;
- в) отражений;
- г) продолжений.

3. На каком промежутке определено решение задачи Коши для линейного уравнения с постоянным запаздыванием и непрерывными на всей числовой прямой коэффициентами

- а) конечном;
- б) бесконечном;
- в) нигде не определено;
- г) возможен любой из перечисленных случаев.

4. Решение уравнения запаздывающего типа обладает свойством...
- а) увеличения неровности;
 - б) уменьшения сложности;
 - в) усиления осцилляции;
 - г) нарастания гладкости.
5. Главную роль в процессе генерации спайка нейроном играют ионы ...
- а) натрия и калия;
 - б) натрия и кальция;
 - в) калия и хлора;
 - г) кальция и калия.
6. Мембрана нейрона не может находиться в состоянии...
- а) поляризации;
 - б) гиперполяризации;
 - в) суперполяризации;
 - г) деполяризации.
7. Для продолжительности рефрактерного периода (T_R) и продолжительности спайка (T_1) справедлива оценка ...
- а) $T_1 < T_R < 2T_1$;
 - б) $2T_1 < T_R < 3T_1$;
 - в) $3T_1 < T_R < 4T_1$;
 - г) $4T_1 < T_R < 5T_1$.
8. Для существования простой волны кольцо должно содержать не менее _____ синаптически связанных нейронов-автогенераторов
- а) 2;
 - б) 3;
 - в) 4;
 - г) 5.
9. Для существования двукратной волны кольцо должно содержать не менее _____ синаптически связанных нейронов-автогенераторов
- а) 6;
 - б) 7;
 - в) 8;
 - г) 9.
10. Для существования простой волны кольцо должно содержать не менее _____ диффузионно связанных пороговых нейронов
- д) 2;
 - е) 3;
 - ж) 4;
 - з) 5.

Каждый правильный ответ оценивается в 1 балл.

Набранное количество баллов 9-10 соответствует формированию проверяемых компетенций на высоком уровне, 7-8 баллов – на продвинутом уровне, 5-6 баллов – на пороговом уровне, менее 5 баллов – ниже порогового уровня.

1.2 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

На экзамене проверяется сформированность знаний, умений и навыков в соответствии с компетенцией ПК-2.

Экзамен проводится в письменной и устной форме. Важно проверить у обучающихся не только теоретические знания, но и практические навыки решения задач. При этом к каждому обучающемуся необходим индивидуальный подход. Учитывается работа в течение семестра на практических занятиях. В случае высоких оценок («хорошо» и «отлично») по итогам контрольных работ, экзамен производится устно и только по лекционному курсу. Для остальных обучающихся экзамен включает в себя и как письменное выполнение практических заданий, так и устный опрос.

Вопросы к экзамену по курсу «Нейросети на основе импульсной модели нейрона»

1. Дифференциальные уравнения с отклоняющимся аргументом. Классификация.
2. Постановка задачи Коши для дифференциальных уравнений с запаздыванием. Метод шагов.
3. Свойства решений дифференциальных уравнений с запаздыванием.
4. Линейные дифференциальные уравнения с запаздыванием.
5. Линейные дифференциальные уравнения с запаздыванием и постоянными коэффициентами.
6. Калиево-натриевый цикл.
7. Вывод дифференциального уравнения с запаздыванием, описывающего динамику нейрона-автогенератора.
8. Исследование модели нейрона-автогенератора.
9. Модель синаптического взаимодействия.
10. Вычисление латентного периода.
11. Модель кольца из четырех нейронов-автогенераторов.
12. Модель кольца из N нейронов-автогенераторов. Кратные волны.
13. Понятие о пачечном воздействии на нейрон.
14. Модель порогового нейрона.
15. Кольцо из шести диффузионно связанных пороговых нейронов.
16. Клеточная сеть из пороговых нейронов.

Список экзаменационных задач

1. Определить тип уравнения:
$$\ddot{x}(t) + \dot{x}^2(t-1) - \sin(\dot{x}(t-2)) = 0.$$

Ответ: запаздывающий.
2. Определить тип уравнения:
$$\ddot{x}(t) + \exp(\ddot{x}(t-5)) - 5\dot{x}(t) + \cos(x(t-1)) = 0.$$

Ответ: нейтральный.
3. Определить тип уравнения:
$$\ddot{x}(t) + 7\sin(\ddot{x}(t-4)) + 8\dot{x}(t-3) - x(t-4) = 0.$$

Ответ: опережающий.
4. Найти решение задачи Коши на промежутке $t \in [1;3]$:
$$\dot{x}(t) = 2x(t) - x(t-1);$$

$$x(t) = t, t \in [0;1].$$

$$\text{Ответ: } x(t) = \begin{cases} \frac{3}{4}e^{2(t-1)} + \frac{1}{2}t - \frac{1}{4}, t \in [1; 2] \\ \frac{8-3t}{4}e^{2(t-2)} + \frac{3}{4}e^{2(t-1)} + \frac{1}{4}t - \frac{1}{4}, t \in [2; 3] \end{cases}$$

5. Найти решение задачи Коши на промежутке $t \in [1; 3]$:

$$\dot{x}(t) = x(t-1) - x(t);$$

$$x(t) = 1, t \in [0; 1].$$

Ответ: $x(t) \equiv 1$, при $x \geq 0$.

6. Найти решение задачи Коши на промежутке $t \in [2; 6]$:

$$\dot{x}(t) = x(t) + 4x(t-2)$$

$$x(t) = 1, t \in [0; 2].$$

$$\text{Ответ: } x(t) = \begin{cases} 5e^{t-2} - 4, t \in [2; 4] \\ (20t - 100)e^{t-4} + 5e^{t-2} + 16, t \in [4; 6] \end{cases}$$

7. Выписать характеристический квазиполином для уравнения:

$$x^{(4)}(t) + 10\ddot{x}(t) - 2\ddot{x}(t-1) - 8\ddot{x}(t-3) + \dot{x}(t-1) - 4x(t) = 0.$$

$$\text{Ответ: } \lambda^4 + 10\lambda^3 - 2\lambda^3e^{-\lambda} - 8\lambda^2e^{-3\lambda} + \lambda e^{-\lambda} - 4 = 0.$$

8. Выписать характеристический квазиполином для уравнения:

$$x^{(4)}(t) - 4\ddot{x}(t-2) - 2\ddot{x}(t) + 12\ddot{x}(t-1) + 25\dot{x}(t-2) + 7x(t-3) = 0.$$

$$\text{Ответ: } \lambda^4 - 4\lambda^3e^{-2\lambda} - 2\lambda^2 + 12\lambda^2e^{-\lambda} + 25\lambda e^{-2\lambda} + 7e^{-3\lambda} = 0.$$

9. Рассчитать величину латентного периода при следующих условиях:

время поступления первого сигнала – $(t_V - \xi)$ (сила – g_1), время поступления второго сигнала – t_V (сила – g_2), начало вызванного спайка – t_S , $T_R < t_V - \xi, 0 < \xi < T_1$, $t_S > t_V + T_1$.

$$\text{Ответ: } Q = (t_S - t_V) = T_2 - (g_1 + g_2)T_1 - t_V.$$

10. Рассчитать величину латентного периода при следующих условиях:

время поступления первого сигнала – $(t_V - \xi)$ (сила – g_1), время поступления второго сигнала – t_V (сила – g_2), начало вызванного спайка – t_S , $T_R < t_V - \xi, \xi > T_1$, $t_V < t_S < t_V + T_1$.

$$\text{Ответ: } Q = (t_S - t_V) = \frac{T_2 - g_1T_1 - t_V}{1 + g_2}.$$

Критерии оценивания экзамена:

«2» - плохо (компетенция не сформирована):

Теоретический вопрос: студент не раскрыл теоретический вопрос, на заданные экзаменаторами вопросы не смог дать удовлетворительный ответ.

Практический вопрос: студент не понял смысла текста (задачи), не смог выполнить задания. На заданные экзаменатором вопросы ответил неудовлетворительно, не продемонстрировал сформированность требующихся для выполнения заданий знаний и умений. Или студент понял отдельные детали текста, но не его основной смысл, задания выполнил неправильно, на заданные экзаменатором вопросы ответил неудовлетворительно, не продемонстрировал сформированность требующихся для выполнения заданий умений.

«3» - удовлетворительно (компетенция сформирована на пороговом уровне):

Теоретический вопрос: студент смог с помощью дополнительных вопросов воспроизвести основные положения темы, но не сумел привести соответствующие примеры или аргументы, подтверждающие те или иные положения.

Практический вопрос: студент понял смысл текста (задачи), но смог выполнить задание лишь после дополнительных вопросов, предложенных экзаменатором. При этом на поставленные экзаменатором вопросы не вполне ответил правильно и полно, но подтвердил ответами понимание вопросов и продемонстрировал отдельные требующиеся для выполнения заданий знания и умения.

«4» - хорошо (компетенция сформирована на продвинутом уровне):

Теоретический вопрос: студент (не допуская ошибок) правильно изложил теоретический вопрос, но недостаточно полно или допустил незначительные неточности, не искажающие суть понятий, теоретических положений, правовых и моральных норм. Примеры, приведенные учеником, воспроизводили материал учебников. На заданные экзаменатором уточняющие вопросы ответил правильно.

Практический вопрос: студент понял смысл текста (задачи), предложенные задания выполнил правильно, но недостаточно полно. На заданные экзаменатором вопросы ответил правильно. Проявил необходимый уровень всех требующихся для выполнения заданий знаний и умений.

«5» - отлично (компетенция сформирована на высоком уровне):

Теоретический вопрос: студент полно и правильно изложил теоретический вопрос, привел собственные примеры, правильно раскрывающие те или иные положения, сделал обоснованный вывод;

Практический вопрос: студент понял смысл текста (задачи), полно и правильно выполнил предложенные задания, проявил высокий уровень всех требующихся для выполнения заданий знаний и умений.

2. Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

2.1. Шкала оценивания сформированности компетенций и ее описание

Оценивание уровня сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины осуществляется по следующей трехуровневой шкале:

Пороговый уровень - предполагает отражение тех ожидаемых результатов, которые определяют минимальный набор знаний и (или) умений и (или) навыков, полученных студентом в результате освоения дисциплины. Пороговый уровень является обязательным уровнем для студента к моменту завершения им освоения данной дисциплины.

Продвинутый уровень - предполагает способность студента использовать знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, полученные при освоении дисциплины, для решения профессиональных задач. Продвинутый уровень превосходит пороговый уровень по нескольким существенным признакам.

Высокий уровень - предполагает способность студента использовать потенциал интегрированных знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, полученных при освоении дисциплины, для творческого решения профессиональных задач и самостоятельного поиска новых подходов в их решении путем комбинирования и использования известных способов решения применительно к конкретным условиям. Высокий уровень превосходит пороговый уровень по всем существенным признакам.

2.2. Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Код компетенции	Форма контроля	Этапы формирования (№ темы (раздела))	Показатели оценивания	Шкала и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования		
				Пороговыйуровень	Продвинутый уровень	Высокийуровень
Профессиональные компетенции						
ПК-2	Контрольная работа №1, 2. Индивидуальны е задания №1, 2. Экзамен.	1-4	Знать: типы уравнений с отклоняющимся аргументом, уравнения, описывающий модели импульсных нейронов; Уметь: решать задачу Коши для уравнений с отклоняющимся аргументом; исследовать уравнения, описывающий модели импульсных нейронов; определять основные параметры сетей из импульсных нейронов. Владеть навыками: применения метода асимптотического интегрирования.	1. Знать: типы уравнений с отклоняющимся аргументом, уравнения, описывающий модели импульсных нейронов. 2. Уметь решать задачу Коши для уравнений с отклоняющимся аргументом; описывать модели импульсных нейронов и сетей из таких нейронов. Владеть навыком:первичного исследования моделей сетей из импульсных нейронов.	1. Знать:постановку и методы решения задач для уравнений с отклоняющимся аргументом, описание моделей импульсных нейронов и сетей из них. 2. Уметь исследовать изучаемые модели нейронных сетей 3. Владеть навыком применения метода асимптотического интегрирования.	1. Уметь строить модели импульсных нейронов, учитывающие дополнительные свойства биологических нейронов 2. Уметь исследовать модели таких нейронов и сетей из них. 3. Владеть навыком построения более точного приближения решения исследуемой модели..

3. Методические рекомендации преподавателю по процедуре оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Целью процедуры оценивания является определение степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения (знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности).

Процедура оценивания степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения осуществляется с помощью методических материалов, представленных в разделе «Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций»

3.1 Критерии оценивания степени овладения знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности, определяющие уровни сформированности компетенций

Пороговый уровень (общие характеристики):

- владение основным объемом знаний по программе дисциплины;
- знание основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы без существенных ошибок;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- знание базовых теорий, концепций и направлений по изучаемой дисциплине;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий.

Продвинутый уровень (общие характеристики):

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме программы дисциплины;
- использование основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

Высокий уровень (общие характеристики):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины;
- точное использование терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;

- безупречное владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- активная самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

3.2 Описание процедуры выставления оценки

В зависимости от уровня сформированности каждой компетенции по окончании освоения дисциплины студенту выставляется оценка. Для дисциплин, изучаемых в течение нескольких семестров, оценка может выставляться не только по окончании ее освоения, но и в промежуточных семестрах. Вид оценки («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно») определяется рабочей программой дисциплины в соответствии с учебным планом.

Оценка «отлично» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована на высоком уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на продвинутом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Нейросети на основе импульсной модели нейрона»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Нейросети на основе импульсной модели нейрона» являются лекции, причем в достаточно большом объеме. Это связано с тем, что в основе дисциплины лежит особый математический аппарат, с помощью которого решаются довольно сложные и громоздкие задачи. По всем темам предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным задачам и отработка практических навыков.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и практических занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Для решения всех задач необходимо знать и понимать лекционный материал. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, практических занятиях или из учебной литературы.

Большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях и практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков работы с аппаратом современной информатики, в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде контрольных работ и индивидуальных заданий. Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору заданий, которые вызвали затруднения.

По итогам изучения дисциплины студенты сдают экзамен. Экзамен проводится в устной форме, студентам предлагаются экзаменационные билеты, каждый из которых включает в себя вопрос по теории и задачу. На самостоятельную подготовку к экзамену выделяется 3 дня, во время подготовки к экзамену предусмотрена групповая консультация.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Нейросети на основе импульсной модели нейрона» самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать экзамен по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Для самостоятельной работы особенно рекомендуется использовать учебную литературу.

Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать широкий спектр интернет-ресурсов:

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» (www.biblioclub.ru) - электронная библиотека, обеспечивающая доступ к наиболее востребованным материалам-первоисточникам, учебной, научной и художественной литературе ведущих издательств (*регистрация в электронной библиотеке – только в сети университета. После регистрации работа с системой возможна с любой точки доступа в Internet.).

2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (<http://window.edu.ru/library>).

Целью создания информационной системы "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (ИС "Единое окно ") является обеспечение свободного доступа к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

1. Личный кабинет (http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_login.php) дает возможность получения on-line доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/пароллю.

3. Электронная картотека «Книгообеспеченность» (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.