

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_  
(подпись) Страхов С. Ю.  
ФИО  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Направление/специальность подготовки	15.04.06 Мехатроника и робототехника
Специализация/профиль/программа подготовки	Современные робототехнические системы и комплексы
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
6	11	5	180	34	17	17	0	146	0	0	146	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

**15.04.06 Мехатроника и робототехника**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА  
Жуков Юрий Александрович, старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Стажков С.М., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Стажков С.М., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

**Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-3 — способность осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного уровня
ОПК-6 — способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-3**

*знания:*

на уровне представления: основ влияния экономических, экологических, социальных ограничений на всех этапах жизненного уровня в процессе решения проблем современной теории управления;;

*умения:*

теоретически и практически уметь: выполнить оценку влияния экономических, экологических, социальных ограничений на всех этапах жизненного уровня в процессе применения методов современной теории управления в задачах робототехники;;

*навыки:*

иметь навыки разработки алгоритмического и программного обеспечения оценки влияния экономических, экологических, социальных ограничений на в процессе разработки методов современной теории управления в задачах робототехники;.

### **ОПК-6**

*знания:*

на уровне представлений и понимания:

- о методах и способах робастного, адаптивного, интеллектуального управления мехатронными и робототехническими системами;

*умения:*

теоретически и практически уметь:

- составить математическую модель робототехнической системы, верифицировать ее, оценить допустимость исходных данных, провести моделирование, оценить и интерпретировать результаты исследований,

- провести диагностику оборудования, собрать комплект испытательного оборудования и провести испытания и/или диагностику систем и средств автоматизации и управления;;

*навыки:*

иметь навыки разработки алгоритмического и программного обеспечения систем и средств управления робототехническими системами.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *15.04.06 Мехатроника и робототехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, ВЫПОЛНЕНИЕ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-2 — способен применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации в области машиностроения
- ПК-95 — способен к критическому мышлению в цифровой среде, оценке информации, ее достоверности, построению логических умозаключений на основании поступающих информации и данных
- ПСК-2.1 — Способен составлять математические модели, производить расчеты и проектирование мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ОПК-3	ОПК-6
6	11	<b>Раздел 1. Раздел 1. Методы робастного управления.</b> 1.1 Задача робастного управления, понятие о неопределенностях, методы робастного управления 1.2 Синтез робастного стабилизирующего регулятора по Ляпунову 1.3 Синтез робастного регулятора на основе анализа функции ошибок 1.4 Синтез робастного регулятора скользящего режима 1.5 Синтез нелинейного робастного регулятора.	46	10	4	6	36	40	30
6	11	<b>Раздел 2. Раздел 2. Методы адаптивного управления РТС.</b> 2.1 Структуры адаптивного управления 2.2 Адаптивный регулятор на основе обратной модели динамики 2.3 Адаптивный регулятор для инерционных неопределенностей системы 2.4 Адаптивный регулятор по ошибке управления 2.5 Адаптивный робастный регулятор 2.6 Адаптивный регулятор с компенсацией на основе программных траекторий.	48	12	6	6	36	20	30
6	11	<b>Раздел 3. Раздел 3. Методы нейросетевого управления РТС.</b> 3.1 Структуры искусственных нейронных сетей (ИНС) 3.2 Идентификация на основе нейронных сетей 3.3 Идентификатор на основе RBF сети 3.4 Прогнозирующее управление на основе ИНС 3.5 NARMA-L2 регулятор на основе ИНС 3.6 Адаптивное управление на основе эталонной ИНС модели 3.7 Прямое адаптивное управление на основе RBF ИНС 3.8 Прямое адаптивное управление на основе сигмоидальной сети.	57	9	4	5	48	20	20
6	11	<b>Раздел 4. Раздел 4. Методы интеллектуального управления РТС.</b> 4.1 Введение в машинное обучение 4.2 Топологии глубоких сверточных нейронных сетей, рекуррентные нейронные сети 4.3 Нейросетевая функциональная аппроксимация и нелинейная регрессия 4.4 Решение задач классификации и распознавания на ИНС 4.5 Инструментальные средства нейросетевых технологий.	29	3	3	0	26	20	20
Всего за 11 семестр			180	34	17	17	146	100	100
Всего по дисциплине			180	34	17	17	146	100	100

#### 3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Раздел 1. Методы робастного управления.	Исследование робастного стабилизирующего регулятора по Ляпунову при управлении приводами манипуляционного робота	2
2		Исследование робастного регулятора на основе скользящего режима при управлении приводами манипуляционного робота	4
3	Раздел 2. Раздел 2. Методы адаптивного управления РТС.	Адаптивный регулятор на основе обратной модели динамики	2
4		Адаптивный регулятор для инерциальных неопределенностей системы	4
5	Раздел 3. Раздел 3. Методы нейросетевого управления РТС.	Идентификатор на основе RBF сети. Прямое адаптивное управление на основе RBF ИНС	2
6		Прямое адаптивное управление на основе сигмоидальной сети	3
Всего за 11 семестр			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Раздел 1. Методы робастного управления.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и лабораторным работам.	36
2	Раздел 2. Раздел 2. Методы адаптивного управления РТС.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и лабораторным работам.	36
3	Раздел 3. Раздел 3. Методы нейросетевого управления РТС.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и лабораторным работам.	48
4	Раздел 4. Раздел 4. Методы интеллектуального управления РТС.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям.	26
<b>Всего за 11 семестр</b>			146

### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
11			ВРЗД	ЛР	Отч. по ЛР	ДР	Отч. по ЛР	ВРЗД	ЛР	ДР	ЛР	Отч. по ЛР	ЛР	Отч. по ЛР	ЛР	ДР	Вопр. Экз, Отч. по ЛР

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВРЗД – вопросы по разделу;
- ЛР – лабораторная работа;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Тимофеев, Ю. В. Эжало. . Системы цифрового и адаптивного управления роботов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
2. Е. И. Юревич. . Основы робототехники. СПб.: БХВ-Петербург, 2007, 41 экз.
3. И. А. Каляев, В. М. Лохин, И. М. Макаров. . Интеллектуальные роботы. М.: Машиностроение, 2007, эл. рес.
4. К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Гаврилов. Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002, 19 экз.
5. С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. . Основы управления манипуляционными роботами. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004, эл. рес.
6. Э. Алпайдин. . Машинное обучение: новый искусственный интеллект. М.: Альпина Паблишер, 2017, 7 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. А. С. Потапов. Распознавание образов и машинное восприятие. Общий подход на основе принципа минимальной длины описания. СПб.: Политехника, 2007, 2 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Автоматизация процессов управления;
2. Информационно-измерительные и управляющие системы;
3. Моделирование и анализ информационных систем;
4. Проблемы машиностроения и автоматизации.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
3. <https://repository.library.voenmeh.ru/jsru/> — электронная библиотека "Военмех" — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Лабораторные занятия:**

1. Проектор;
2. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся;
3. Matlab 2015a SP1.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.



### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *15.04.06 Мехатроника и робототехника*. Дисциплина реализуется на факультете И Информационных и управляющих систем БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-3 способность осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного уровня;

ОПК-6 способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением современных методов управления робототехническими системами (РТС): методы робастного управления, методы адаптивного управления, методы нейросетевого управления, методы интеллектуального управления, методы создания человеко-машинного интерфейса.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 з.е., **180 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**146 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 180 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 146 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Раздел 1. Методы робастного управления.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и лабораторным работам.	И. А. Каляев, В. М. Лохин, И. М. Макаров. . Интеллектуальные роботы: М.: Машиностроение, 2007 (гл. 3) С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. . Основы управления манипуляционными роботами: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004 (гл. 8) А. В. Тимофеев, Ю. В. Экало. . Системы цифрового и адаптивного управления роботов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (гл. 5) Е. И. Юревич. . Основы робототехники: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (гл. 9) К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Гаврилов. Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002 (Часть 1. гл. 1-10)	36
Итого по разделу 1		36
<b>Раздел 2. Раздел 2. Методы адаптивного управления РТС.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и лабораторным работам.	И. А. Каляев, В. М. Лохин, И. М. Макаров. . Интеллектуальные роботы: М.: Машиностроение, 2007 (гл. 3) А. В. Тимофеев, Ю. В. Экало. . Системы цифрового и адаптивного управления роботов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (гл. 5) К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Гаврилов. Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002 (Часть 5. гл. 1-6)	36
Итого по разделу 2		36
<b>Раздел 3. Раздел 3. Методы нейросетевого управления РТС.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и лабораторным работам.	И. А. Каляев, В. М. Лохин, И. М. Макаров. . Интеллектуальные роботы: М.: Машиностроение, 2007 (гл.4) К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Гаврилов. Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002 (Часть 3. гл. 1-3)	48
Итого по разделу 3		48
<b>Раздел 4. Раздел 4. Методы интеллектуального управления РТС.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям.	Э. Алпайдин. . Машинное обучение: новый искусственный интеллект: М.: Альпина Паблишер, 2017 (гл. 1) А. С. Потапов. Распознавание образов и машинное восприятие. Общий подход на основе принципа минимальной длины описания: СПб.: Политехника, 2007 (гл. 1-2)	26
Итого по разделу 4		26

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы по разделу;
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- вопросы к экзамену;
- экзамен.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы по разделу

Перечень вопросов по разделам приведён в УМК дисциплины

#### Лабораторная работа

Процедура оценки лабораторной работы включает проверку разработанных программ (моделей) в среде математического моделирования, демонстрацию функционирования программных модулей, демонстрацию работы с лабораторным стендом. Устных ответов на вопросы преподавателя. Полное безошибочное выполнение хода лабораторной работы и представленный отчет оценивается на итоговую оценку 5 ("отлично"), которая формируется из оценки по ходу лабораторной работы и оценки за отчет по лабораторной работе. При неверном ходе работы итоговая оценка снижается на 1.0 балл. При несоответствии требованиям к оформлению отчета итоговая оценка снижается на 1.0 балл. При неполных или неверных ответах на вопросы итоговая оценка снижается на 1.0-2.0 балла

#### Отчет по ЛР

Отчет по лабораторной работе выполняются по индивидуальным вариантам. Отчеты должны содержать титульный лист, содержание, ход работы, заключение. Оформление таблиц, иллюстраций, формул должно соответствовать требованиям ГОСТ 7.32-2017.

Индивидуальные задания по вариантам и примеры отчетов приведены в УМК дисциплины.

Процедура приема отчетов по лабораторным работам включает устные ответы на вопросы преподавателя.

#### Вопросы к экзамену

Перечень вопросов к экзамену приведён в УМК дисциплины

#### Экзамен

Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, содержащим 2 вопроса, время на подготовку ответов - 20 минут. При правильных и полных ответах оценка отлично. Если ответ неполный, преподаватель задаёт дополнительные вопросы. При правильных ответах на все вопросы - оценка отлично, в противном случае если правильных ответов более 80% - оценка хорошо. Для получения удовлетворительной оценки нужно правильно ответить не менее, чем на 60% вопросов.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ОПК-3	ОПК-6	
6	11	Раздел 1. Раздел 1. Методы робастного управления.	46	10	4	6	36	40	30	Вопросы по разделу, Лабораторная работа, Отчет по ЛР
6	11	Раздел 2. Раздел 2. Методы адаптивного управления РТС.	48	12	6	6	36	20	30	Вопросы по разделу, Лабораторная работа, Отчет по ЛР
6	11	Раздел 3. Раздел 3. Методы нейросетевого управления РТС.	57	9	4	5	48	20	20	Вопросы к экзамену, Лабораторная работа, Отчет по ЛР
6	11	Раздел 4. Раздел 4. Методы интеллектуального управления РТС.	29	3	3	0	26	20	20	Вопросы к экзамену
Всего за 11 семестр			180	34	17	17	146	100	100	
Всего по дисциплине			180	34	17	17	146	100	100	

## Критерии оценивания

### ОПК-3

Вопросы открытого типа:

№ 1 В рамках какой теории, как правило, разрабатываются современные методы управления РТС?

Выберите один или несколько ответов:

- Теория робастного управления
- Теория интеллектуального управления
- Теория адаптивного управления
- Теория регуляторов
- Теория сложных систем

№ 2 Какие неопределенности обуславливают необходимость применения адаптивных и робастных методов управления роботами?

Выберите один или несколько ответов:

- Неопределенности регулятора
- Неопределенности объекта управления
- Шумы в измерительной подсистеме
- Неопределенности рабочей среды

№ 3 При адаптивном управлении решается задача:

Выберите один или несколько ответов:

- Поиск минимума интегрального критерия качества
- Идентификации параметров объекта управления
- Определения чувствительности системы управления к возмущениям
- Самонастройки регулятора при наличии неопределенностей в контуре управления

№ 4 Какой класс неопределенности наиболее сложен при решении задачи адаптивного управления?

Выберите один ответ:

- Функциональная неопределенность
- Структурная неопределенность
- Параметрическая неопределенность

№ 5 Мерой качества регулирования в системе прямого адаптивного управления, как правило, является ...

Выберите один ответ:

- ошибка регулирования
- запас устойчивости
- интегральный критерий качества
- отклонение от движения эталонной модели

№ 6 В системе прямого адаптивного управления, как правило, ...

Выберите один ответ:

- не управляют на основе интегральной оценки ошибки регулирования
- не используют оценки запаса устойчивости
- не идентифицируют параметры объекта
- не используют интегральные критерии качества

№ 7 В системе адаптивного управления на основе идентификационного подхода ...

Выберите один ответ:

- используют оценки устойчивости

- применяют эталонную модель
- доопределяют параметры объекта
- используют интегральные критерии качества регулирования

№ 8 В системе адаптивного управления на основе эталонной модели ...

Выберите один ответ:

- алгоритм адаптации оценивает возмущение на основе разницы входа эталонной модели и выхода системы
- алгоритм адаптации изменяет параметры регулятора на основе разницы входа эталонной модели и выхода системы
- алгоритм адаптации изменяет параметры регулятора на основе разницы выхода эталонной модели и выхода системы
- алгоритм адаптации изменяет параметры эталонной модели на основе разницы входа эталонной модели и выхода системы

№ 9 В системе адаптивного управления на самонастройке параметров ...

Выберите один ответ:

- алгоритм адаптации оценивает возмущение на основе разницы входа и выхода системы
- алгоритм адаптации изменяет параметры регуляторы на основе поисковых сигналов
- алгоритм адаптации оценивает параметры модели объекта регулирования и на их основе синтезирует параметры регулятора
- алгоритм адаптации изменяет параметры регулятора на основе ошибки регулирования системы

№ 10 В ходе поискового адаптивного алгоритма управления ...

Выберите один ответ:

- параметры объекта определяются на основе поиска минимальной энергии управления
- параметры объекта определяются на основе поиска оптимальной траектории движения
- параметры объекта определяются на основе введения поисковых сигналов
- параметры объекта определяются на основе поиска ошибок представления модели

*Вопросы закрытого типа:*

№ 1 Система  $\dot{x}' = Ax + Bu$ ,  $y = Cx + Du$  имеет порядок  $n=7$ . Ранг матрицы наблюдаемости  $\text{rank}\{K_o\}=5$ . Сколько ненаблюдаемых переменных состояний

$N_u =$

№ 2 Система  $\dot{x}' = Ax + Bu$ ,  $y = Cx + Du$  имеет порядок  $n=6$ . Ранг матрицы управляемости  $\text{rank}\{K_u\}=5$ . Сколько неуправляемых переменных состояний

$N_u =$

№ 3 Какой общий порядок  $S$  имеет уравнение механики  $M(q, \xi) \cdot \ddot{q} + N(q, \dot{q}, \xi) = \tau$  для трехзвенного манипулятора, у которого все кинематические пары

$S = \dots$

№ 4 Система  $\dot{x}' = Ax + Bu$  задана матрицами.

$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$

$B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ ;

Найти коэффициенты обратной связи  $k_1 = \dots$  и  $k_2 = \dots$ , такие, что у замкнутой системы  $A - BK$  ( $K = [k_1 \ k_2]$ ) будут полюса  $s_1 = -1$  и  $s_2 = -2$

№ 5 Система  $\dot{x}' = Ax + Bu$  задана матрицами.

$A = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$

$B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ ;

Найти коэффициенты обратной связи  $k_1 = \dots$  и  $k_2 = \dots$ , такие, что у замкнутой системы  $A - BK$  ( $K = [k_1 \ k_2]$ ) будут полюса  $s_1 = -1$  и  $s_2 = -2$

№ 6 В системе разрабатывается наблюдатель состояния

$$\begin{cases} \frac{d\hat{x}}{dt} = [A - LC - (B - LD)K]\hat{x} + Ly \\ u = -K\hat{x} \end{cases}$$

$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$

$B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$

$$C=[0 \ 1];$$

Найти коэффициенты обратной связи  $L1=...$  и  $L2=...$ , такие, что у матрицы  $A-LC$  будут полюса  $s1=-1$  и  $s2=-2$

№ 7 В системе разрабатывается наблюдатель состояния

$$\begin{cases} \frac{d\hat{x}}{dt} = [A - LC - (B - LD)K]\hat{x} + Ly \\ u = -K\hat{x} \end{cases}$$

$$A=[2 \ 1$$

$$1 \ 1]$$

$$C=[0 \ 1];$$

Найти коэффициенты обратной связи  $L1=...$  и  $L2=...$ , такие, что у матрицы  $A-LC$  будут полюса  $s1=-1$  и  $s2=-2$

№ 8 При управлении приводами робота на основе расчетного момента ( $\tau=M \cdot (\ddot{\alpha}_d + K_p \cdot e + K_i \cdot \int e + K_d \cdot \dot{e}) + N$ , где  $\dot{e} = \dot{e}$ ) определите коэффициенты ПИД управления действительные корни характеристическим полиномам:  $p1=-5$ ,  $p2=-3$ ,  $p3=-6$

$$K_p=...$$

$$K_i=...$$

$$K_d=...$$

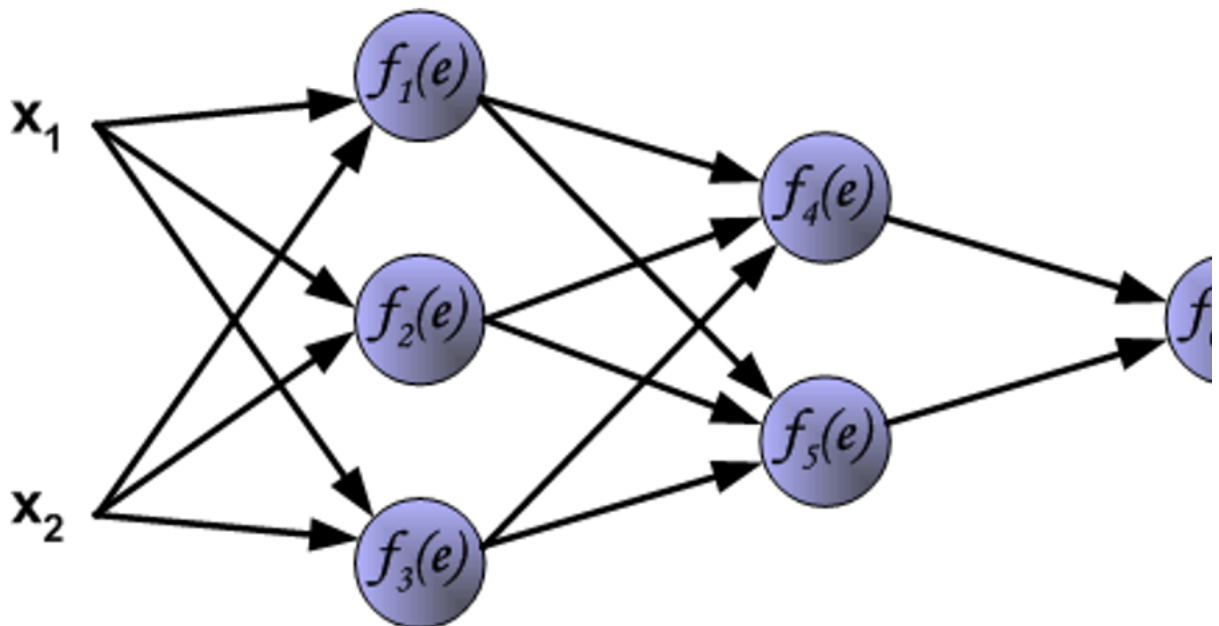
№ 9 При управлении приводами робота на основе расчетного момента ( $\tau=M \cdot (\ddot{\alpha}_d + K_p \cdot e + K_i \cdot \int e + K_d \cdot \dot{e}) + N$ , где  $\dot{e} = \dot{e}$ ) определите коэффициенты ПИД управления действительные корни характеристическим полиномам:  $p1=-5$ ,  $p2=-4$ ,  $p3=-6$

$$K_p=...$$

$$K_i=...$$

$$K_d=...$$

№ 10 Представлена нейросеть



Дано матричное описание нейросети  $Y=A3(w3 \cdot A2(w2 \cdot A1(w1 \cdot x)))$

$A1, A2, A3$ - активационные функции слоев

Сколько столбцов содержит матрица  $w2$

$$Cw2=...$$

#### ОПК-6

Вопросы открытого типа:

№ 1 Адаптивный наблюдатель скорости вращения синхронной машины содержит ...

Выберите один или несколько ответов:

- определение алгоритма поисковых сигналов
- определение модели объекта управления в dq-координатах
- определение параметров возмущений

- определение алгоритма идентификации модели
- определение алгоритма адаптации модели

№ 2 Какие особенности характеризуют неполноприводные системы?

Выберите один ответ:

- нет ответа
- Система является не вполне управляемой
- Количество степеней подвижности более количества приводов системы
- Количество степеней подвижности менее количества приводов системы

№ 3 При робастном управлении мехатронными системами основной задачей является:

Выберите один или несколько ответов:

- Обеспечение максимального быстродействия системы управления
- Обеспечение в системе максимальной степени устойчивости при наличии неопределенности
- Достижение минимальной чувствительности системы к шумам и вариациям параметров в контуре управления
- Достижение максимальной чувствительности системы управления по управляющим сигналам

№ 4 При синтезе робастных регуляторов ...

Выберите один или несколько ответов:

- Определяются параметры эталонных моделей
- Определяется передаточная функция регулятора на основе нормированных оценок множеств передаточных функций замкнутой системы
- Определяются интегральные критерии качества
- Определяются классы неопределенностей объекта

№ 5 При синтезе LQR регулятора какой должна быть матрица R?

Выберите один ответ:

- Неособой отрицательно определенной
- Неособой положительно полуопределенной
- Ортогональной
- Неособой положительно определенной

№ 6 Какую задачу решают в рамках модального управления?

Выберите один или несколько ответов:

- Идентифицируют параметры возмущения
- Определяют класс неопределенности модели
- Определяют желаемый спектр матрицы  $A_s = A - BK$
- Вычисляют матрицу обратной связи K
- Решение уравнения Сильвестра S

№ 7 Определите достоинства нечеткой логики:

Выберите один или несколько ответов:

- Создание регулятора при неполном описании объекта управления
- Субъективное определение нечетких правил
- Субъективное определение функций принадлежности
- Достаточное определение регулятора только на основе лингвистических правил

№ 8 Искусственные нейронные сети в системах управления применяются для:

Выберите один или несколько ответов:

- Линейного робастного управления
- Аппроксимации регуляторов



- Идентификации прогнозирования состояния объекта управления
- LQG - регулирования

№ 9 К достоинствам искусственных нейронных сетей относят:

Выберите один или несколько ответов:

- Устойчивость к шумам исходных данных
- Способность аппроксимации без математического описания объекта управления
- Большой объем данных при обучении
- Необходимость экспертизы при обучении

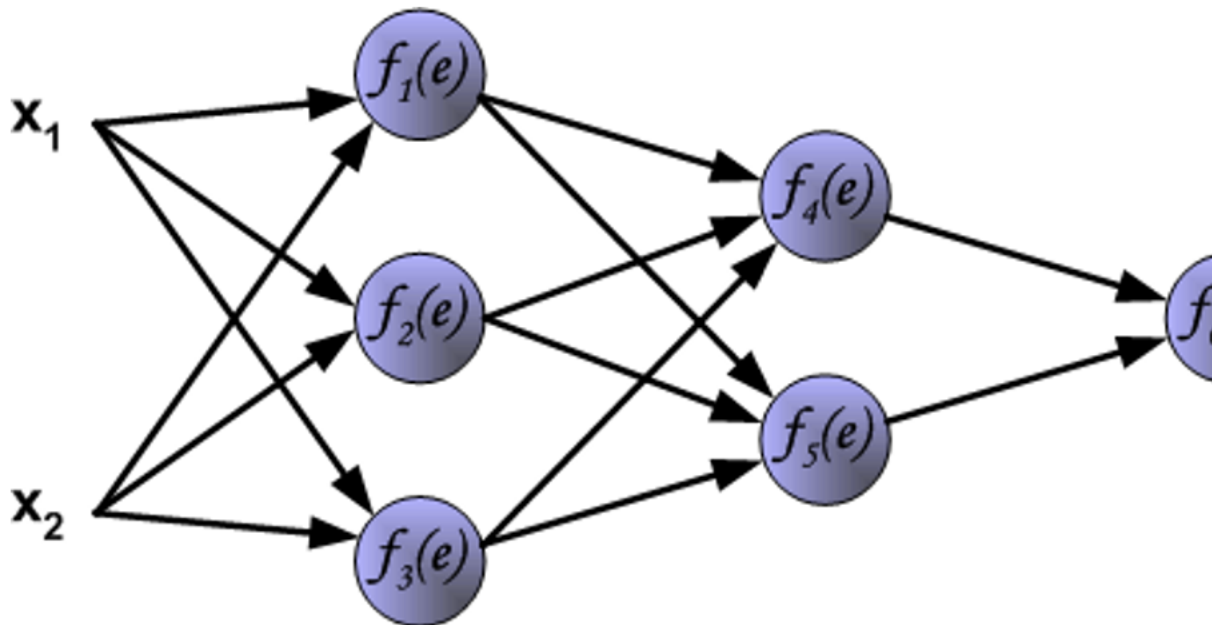
№ 10 В нейронных сетях прямого распространения:

Выберите один или несколько ответов:

- Не используются обратные связи
- Используются прямые параллельные связи
- Не используются активационные функции на основе гиперболического тангенса
- Не используются RBF активационные функции

Вопросы закрытого типа:

№ 1 Представлена нейросеть



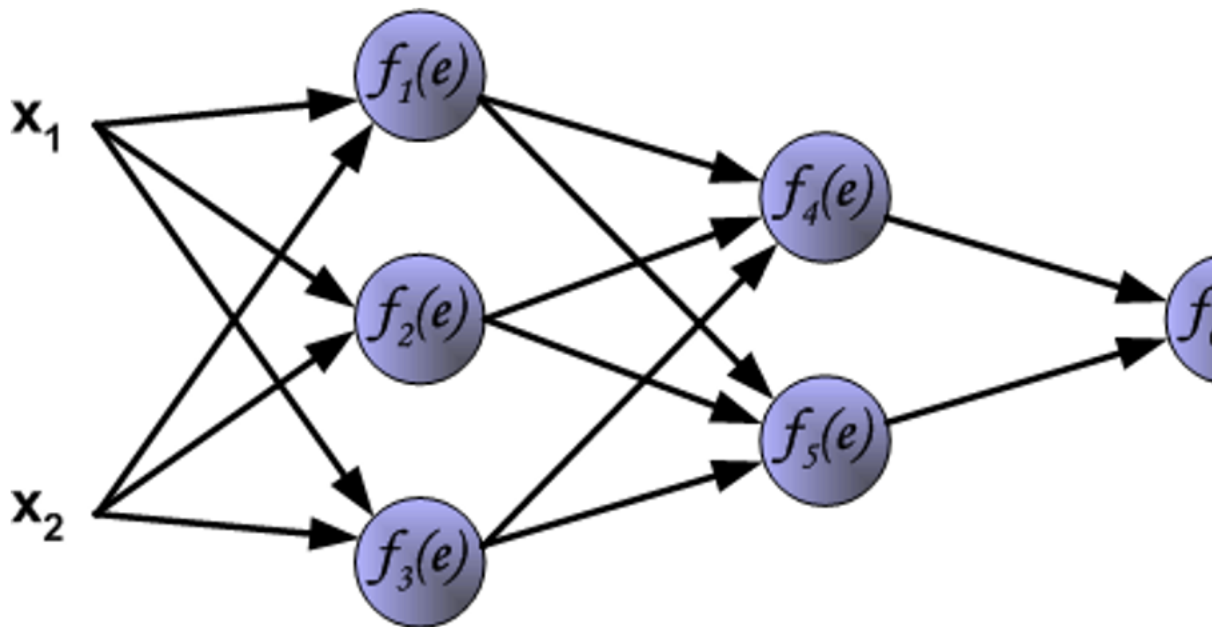
Дано матричное описание нейросети  $Y=A3(w3*A2(w2*A1(w1*x)))$

$A1, A2, A3$ - активационные функции слоев

Сколько столбцов содержит матрица  $w1$

$Cw1=...$

№ 2 Представлена нейросеть



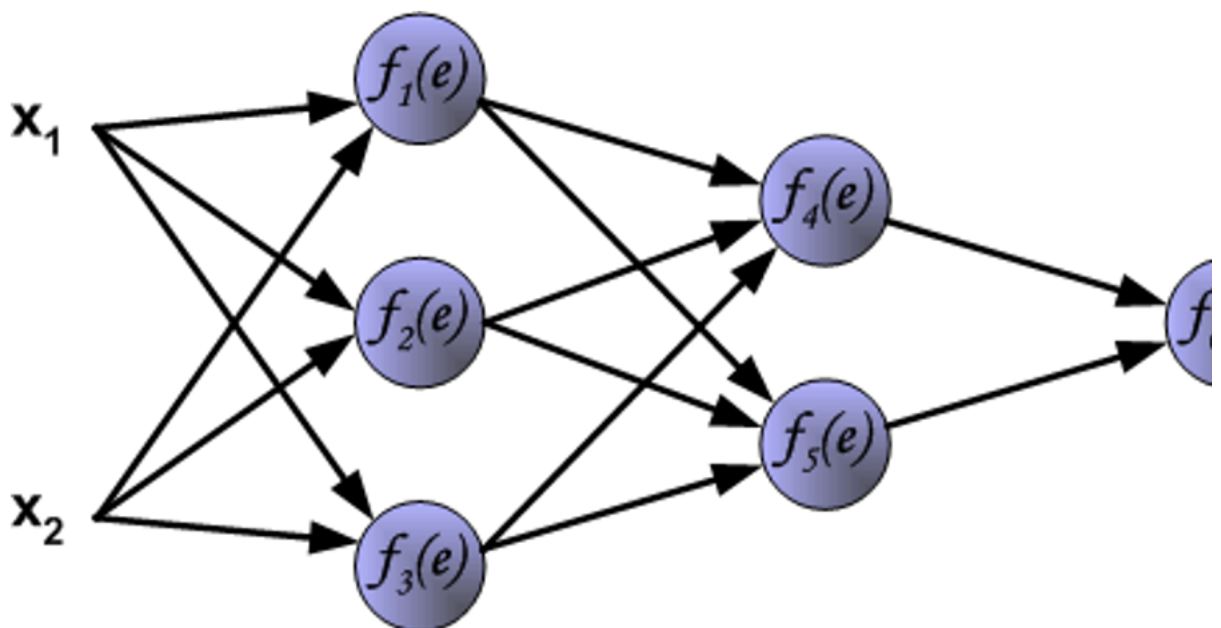
Дано матричное описание нейросети  $Y=A3(w3*A2(w2*A1(w1*x)))$

$A1, A2, A3$ - активационные функции слоев

Сколько столбцов содержит матрица  $w3$

$Cw3=...$

№ 3 Представлена нейросеть



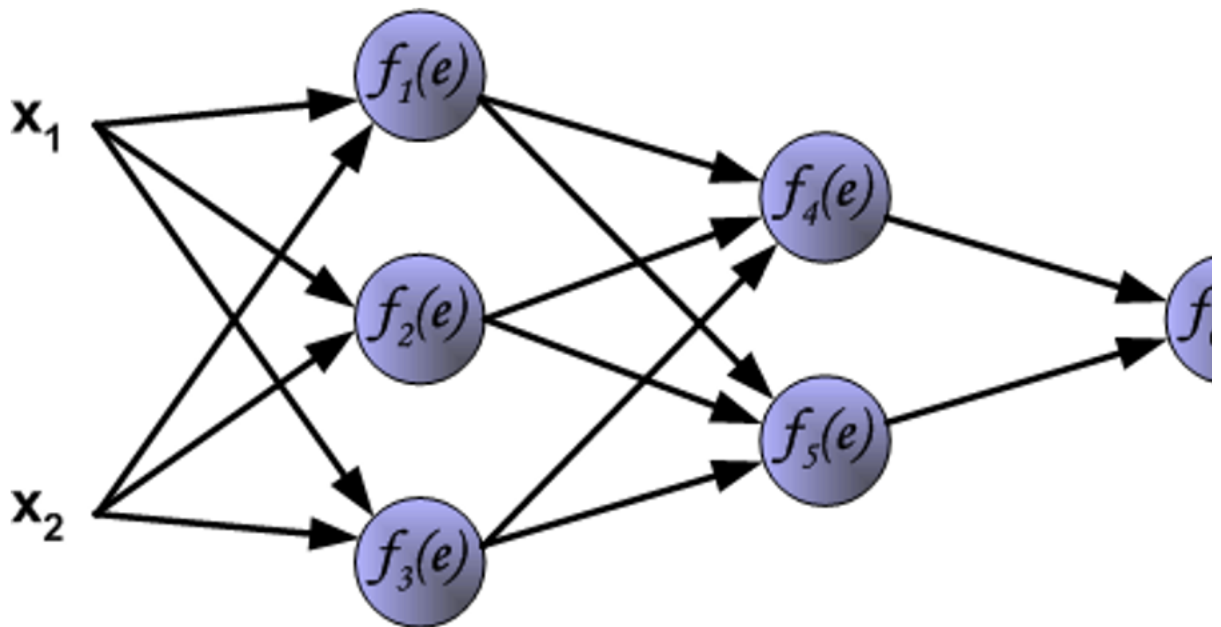
Дано матричное описание нейросети  $Y=A3(w3*A2(w2*A1(w1*x)))$

$A1, A2, A3$ - активационные функции слоев

Сколько строк содержит матрица  $w2$

$Rw2=...$

№ 4 Представлена нейросеть



Дано матричное описание нейросети  $Y=A3(w3*A2(w2*A1(w1*x)))$

$A1, A2, A3$ - активационные функции слоев

Сколько строк содержит матрица  $w3$

$Rw3=...$

№ 5 Какое значение имеет сигмоидальная активационная функция  $f(s)$  при нулевом аргументе  $f(0)$

$f(0)=$

№ 6 При синтезе на основе эталонных характеристических полиномов для системы 4 порядка

$$P(s)=s^4+a1*\omega0*s^3+a2*(\omega0)^2*s^2+a3*(\omega0)^2*s+(\omega0)^4$$

( $\wedge$  - знак возведения в степень)

кратным действительными корням соответствует нормированный полином с параметрами ...

$a1=...$

$a2=...$

$a3=...$

№ 7 При синтезе на основе эталонных характеристических полиномов для системы 3 порядка

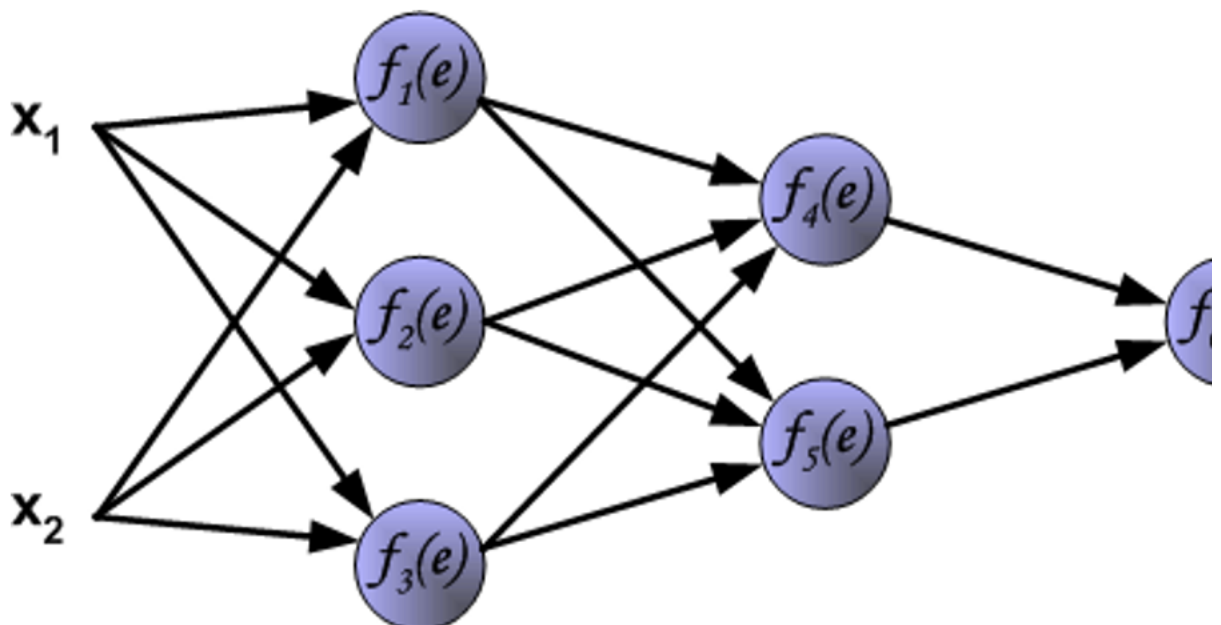
$$P(s)=s^3+a1*\omega0*s^2+a2*(\omega0)^2*s+(\omega0)^3$$

кратным действительными корням соответствует нормированный полином с параметрами ...

$a1=...$

$a2=...$

№ 8 Представлена нейросеть



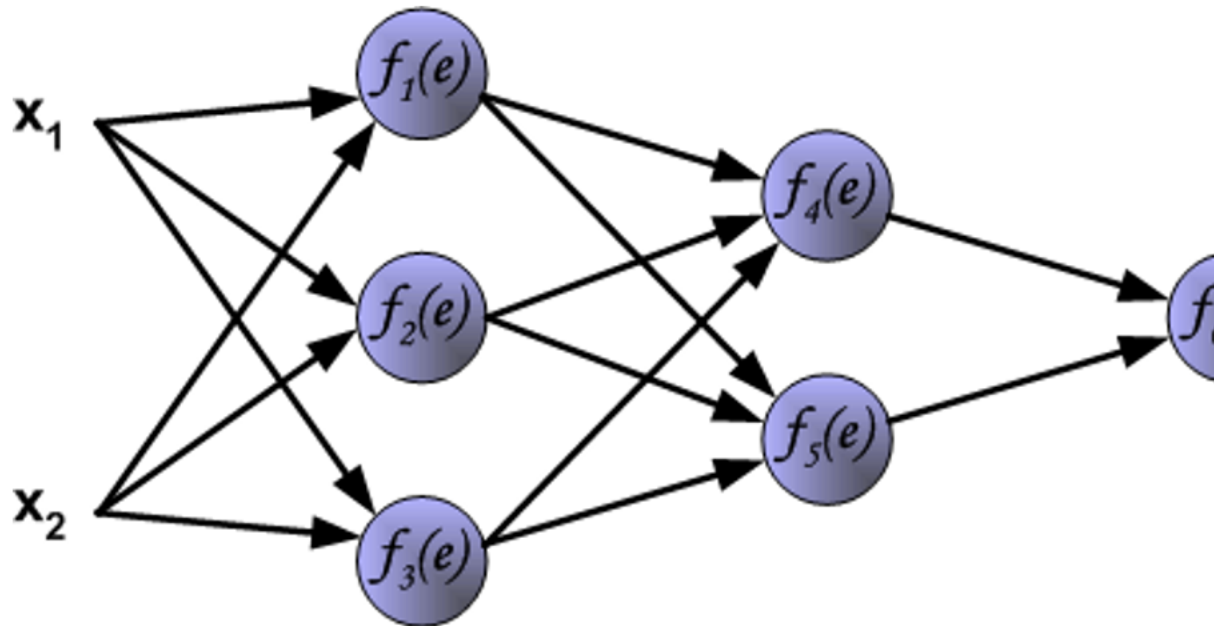
Дано матричное описание нейросети  $Y=A3(w3*A2(w2*A1(w1*x)))$

$A1, A2, A3$ - активационные функции слоев

Сколько строк содержит матрица  $w1$

$Rw1=...$

№ 9 Представлена нейросеть



Дано матричное описание нейросети  $Y=A3(w3*A2(w2*A1(w1*x)))$

$A1, A2, A3$ - активационные функции слоев

Сколько слоев содержит сеть?

$L=...$

№ 10 Какое значение имеет активационная функция гиперболического тангенса  $f(s)$  при нулевом аргументе  $f(0)$

$f(0)=...$