

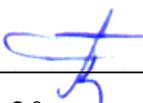
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 20 » октября 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого управления  
в системах реального времени

(наименование)

**Форма обучения:** очная

(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура

(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)

(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 27.04.04 Управление в технических системах

(код и наименование направления)

**Направленность:** Распределенные компьютерные информационно-  
управляющие системы

(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений и навыков в области реализации методов нечеткой логики и нейронных сетей в устройствах и комплексах информационно-управляющих систем

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Алгоритмы нечеткого и нечетко-нейронного управления недетерминированными объектами в системах автоматизации и управления, модели нечетких и нейро-нечетких регуляторов

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	Знает порядок разработки планов и методических программ проведения исследований и разработок в области проектирования нечетких, нейронных и нейро-нечетких регуляторов систем автоматизации и управления	Знает порядок разработки планов и методических программ проведения исследований и разработок.	Дифференцированный зачет
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Умеет анализировать и применять современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения нечетких, нейронных и нейро-нечетких регуляторов систем автоматизации и управления	Умеет анализировать современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	Владеет навыками применения на практике выбранных методов разработки проектирования нечетких, нейронных и нейро-нечетких регуляторов систем автоматизации и управления	Владеет навыками применения на практике выбранных методов разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления	Курсовая работа

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	16	16	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
2-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основы построения систем нечеткого и нейро-нечеткого управления	10	8	8	45
1. Теория нечетких множеств. Основные операции. 2. Способы преобразования четкой информации в нечеткую информацию. 3. Способы преобразования нечеткой информации в четкую информацию. 4. Базовые знания и блок нечеткого вывода 5. Способы формирования базы знаний 6. Способы реализации нечеткой импликации и композиции 7. Метод разности площадей				
Основы построения современных систем автоматизации, использующих нейро-нечеткое управление	8	8	10	45
8. Принципы построения интеллектуальных систем управления 9. Адаптивные системы управления 10. Метод последовательного обучения				
ИТОГО по 2-му семестру	18	16	18	90
ИТОГО по дисциплине	18	16	18	90

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Исследование операций нечетких множеств
2	Исследование операций нечетких отношений
3	Исследование способов нечеткой импликации
4	Исследование способов нечеткой композиции

#### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Разработка нечетких регуляторов с различными алгоритмами нечеткого вывода для управления недетерминированными объектами
2	Разработка аппроксиматоров на базе продукционной сети Anfis с различными алгоритмами нечеткого вывода для определения прямых и обратных моделей недетерминированных объектов

## Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Проектирование и исследование нечетких регуляторов

### 5. Организационно-педагогические условия

#### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

<p>Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.</p> <p>Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>
--

#### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

<p>При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.</li><li>2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.</li><li>3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.</li><li>4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.</li></ol>
--

### 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

#### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
-------	---	---

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Круглов В. В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети : учебное пособие / В. В. Круглов, М. И. Дли, Р. Ю. Голунов. - Москва: Физматлит, 2001.	2
2	Хижняков Ю. Н. Нечёткое, нейронное и гибридное управление : учебное пособие / Ю. Н. Хижняков. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013.	15
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Хижняков Ю. Н. Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого управления в системах реального времени : учебное пособие / Ю. Н. Хижняков. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013.	15
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Мехатроника : механика, автоматика, электроника, информатика : научно-технический и производственный журнал / Издательство Новые технологии. - Москва: Машиностроение, Механика, 1998 - .	1
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Нечеткое управление мобильным роботом	<a href="http://vestnik.pstu.ru/get/_res/fs/file.pdf/6755/%C3%EE%ED%F7%E0%F0%EE%E2%F1%EA%E8%E9+%CE.%C2.%2C+%D5%E8%E6%ED%FF%EA%EE%E2+%DE.%CD.+%CD%E5%F7%E5%F2%EA%EE%E5+%F3%EF%F0%E0%E2%EB%E5%ED%E8%E5+%EC%EE%E1%E8%EB%FC%ED%FB%EC+%F0%EE%E1%EE%F2%EE%ECfile.pdf">http://vestnik.pstu.ru/get/_res/fs/file.pdf/6755/%C3%EE%ED%F7%E0%F0%EE%E2%F1%EA%E8%E9+%CE.%C2.%2C+%D5%E8%E6%ED%FF%EA%EE%E2+%DE.%CD.+%CD%E5%F7%E5%F2%EA%EE%E5+%F3%EF%F0%E0%E2%EB%E5%ED%E8%E5+%EC%EE%E1%E8%EB%FC%ED%FB%EC+%F0%EE%E1%EE%F2%EE%ECfile.pdf</a>	сеть Интернет; свободный доступ

### **6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching )
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.

### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Персональный компьютер	8
Лабораторная работа	Персональный компьютер	8
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	8

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

**Министерство науки и высшего образования РФ**

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
**Пермский национальный  
исследовательский  
политехнический университет**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**Дисциплина:** Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого  
управления в системах реального времени  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоемкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.04.06 Мехатроника и робототехника  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Автономные сервисные роботы  
(наименование образовательной программы)

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

## **1. Перечень результатов обучения (формируемых частей компетенций), этапы их формирования и контролируемые результаты обучения**

### **1.1. Результаты обучения (формируемые части компетенций)**

Учебная дисциплина «Методы нечеткой логики и нейронных сетей в робототехнике» участвует в формировании 3-х компетенций: ИД-1<sub>ПК-1.2</sub>, ИД-2<sub>ПК-1.2</sub> и ИД-3<sub>ПК-1.2</sub>. В рамках учебного плана образовательной программы во 2-м семестре на этапе освоения данной учебной дисциплины формируются следующие дисциплинарные части компетенций:

- 1. ИД-1<sub>ПК-1.2</sub> Знает** порядок разработки планов и методических программ проведения исследований и разработок.
- 2. ИД-2<sub>ПК-1.2</sub> Умеет** анализировать современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления
- 3. ИД-3<sub>ПК-1.2</sub> Владеет навыками** применения на практике выбранных методов разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления.

### **1.2. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (2-го семестра базового учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены следующие виды аудиторной работы: лекционные, практические, лабораторные занятия (семинары), а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть* (ЗУВ), которые являются контролируемыми результатами обучения по дисциплине (табл. 1.1). Интегральными результатами обучения по дисциплине является оценки уровня освоения дисциплинарных компетенций (ДК). Формулировки результатов обучения приведены в п. 2 РПД.

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и итогового контроля результатов обучения дисциплины (табл. 1.1):

- текущий – контроль самостоятельной работы;
- рубежный:
  - защита рефератов по модулям 1 и 2;
  - тесты по модулям 1 и 2;
  - защита лабораторных работ (№1, №2, №3, №4);
- итоговый – экзамен.

Таблица 1.1 Контроль уровня усвоенных знаний

Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
<i>Знать:</i>		
Теорию нечеткой логики и нечетких множеств	<b>ИД-1</b> пк-1.2 <b>Знает</b> порядок разработки планов и методических программ проведения исследований и разработок.	Реферат
Компоненты нечеткого модуля		Реферат
Алгоритмы нечеткого вывода		Реферат
Теорию нейронных сетей и методы их настройки		Реферат
<i>Уметь:</i>		
Пользоваться аппаратом нечеткой логики и нечетких множеств, проектировать элементы нечеткого модуля	<b>ИД-2</b> пк-1.2 <b>Умеет</b> анализировать современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления	Тестирование
Разрабатывать структуру и алгоритмы нечеткого управления недетерминированными объектами в системах реального времени		Тестирование
Пользоваться аппаратом нейронных сетей и настройки последних		Тестирование
<i>Владеть:</i>		

<p>Навыками профессиональными продуктами и решения технологических и научных задач, используя нечеткое и нейронное управления</p>	<p>ИД-3ПК-1.2 Владеет навыками применения на практике выбранных методов разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления.</p>	<p>Отчет по проекту системы управления</p>
---	--	--

## 2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

### 2.1. Текущий контроль

Текущий контроль для оценивания знаниевого компонента дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) в форме собеседования или выборочного теоретического опроса в рамках контроля самостоятельной работы студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя (в бумажном или электронном формате) и учитываются при формировании оценки результатов обучения (ЗУВ, ДК).

### 2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графику учебного процесса, приведенного в РПД, в форме защиты отчетов по лабораторным работам, ориентированным на тематику семинаров.

#### 2.2.1. Защита отчетов по индивидуальным заданиям

Всего запланировано 18 индивидуальных заданий (задачи) и 1 реферат по тематике практических занятий. Темы, типовые задачи и требования к содержанию отчета и его защите приводятся во время проведения лекционных и практических занятий.

Защита отчета по индивидуальному заданию проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### 2.2.2. Защита отчетов по лабораторным работам

Всего запланировано 4 лабораторных работы (по 2 на каждый из модулей). Темы приведены в пункте 4 РПД.

### 2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная защита отчетов по всем индивидуальным заданиям, формирующая положительную интегральную оценку результатов текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде зачета по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений всех заявленных дисциплинарных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных дисциплинарных компетенций. Форма билета представлена в приложении 1.

### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине Типовые вопросы (ТВ) для контроля усвоенных знаний:**

#### **Типовые творческие задания:**

**Задание 1.** Обзор функций принадлежности фаззификатора.

**Задание 2.** Обзор методов дефаззификации.

#### **Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:**

1. Алгоритм нечеткого вывода по Заде.
2. Алгоритм нечеткого вывода по Мамдани.
3. Алгоритм нечеткого вывода по Сугено-Такаги.
4. Нечеткое управление. Основные определения.
5. Нечеткая логика. Основные операции нечеткой логики.
6. Нечеткие отношения. Основные операции.
7. Фаззификация. Адаптивная фаззификация.
8. Нечеткая импликация и нечеткая композиция.
9. Алгоритм нечеткого вывода по Ларсену.
10. Достоинства и недостатки нечеткого управления.
11. Нейронное управление. Классификация нейронов.
12. Сеть прямого распространения *Anfis*.
13. Алгоритм нечеткого вывода по Тцукамото.

**Типовые практические задания (ПЗ) для контроля усвоенных умений** формулируются на основе индивидуальных заданий по тематике практических занятий:

**Задание 1.** Проектирование системы адаптивного нечеткого управления водяным душем на базе сети ANFIS: составление структурной схемы, задание лингвистических переменных и их предельных значений, выбор терм-множеств по лингвистическим переменным, выбор варианта адаптивного фаззификатора, выбор типа активационной функции.

**Задание 2.** Проектирование системы нечеткого управления калорифером: составление структурной схемы, задание лингвистических переменных и их предельных значений, выбор терм-множеств по лингвистическим переменным, выбор варианта адаптивного фаззификатора, выбор типа активационной функции.

**Задание 3.** Проектирование системы нейронного управления дизель-генератором: составление структурной схемы, выбор типа активационной функции, получение выборки, выбор алгоритма обучения, выбор необходимой точности нейросети.

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена. Соответствие теоретических вопросов, практических заданий и компонентов ЗУВ приведены в табл. 1.1.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

Оценка, полученная за теоретический вопрос и практическое задание, участвует в расчете оценки соответствующего компонента ЗУВ (см. табл. 1.1).

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и дисциплинарных компетенций**

Оценка компонента ЗУВ в общем случае может быть получена как *среднее арифметическое или среднее арифметическое взвешенное* (с указанием неравнозначных весовых коэффициентов) оценок за соответствующие средства контроля (см. табл. 1.1).

Итоговая оценка освоения дисциплинарных компетенций (как интегральных результатов обучения по дисциплине) является *сверткой* оценок результатов обучения в формате ЗУВ (см. табл. 1.1). Для этого выполняется расчет *среднее арифметического или среднего арифметического взвешенного* (с указанием неравнозначных весовых коэффициентов) оценок за составляющие ДК компоненты ЗУВ.

Рекомендации по выбору весовых коэффициентов, типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций и их самих приведены в общей части ФОС образовательной программы. Результаты расчетов оценок за ДК сохраняются в «бумажном» или электронном виде для последующего определения уровня освоения каждой компетенции, как это указано в общей части ФОС образовательной программы.

Приложение 1  
Пример типовой формы экзаменационного билета

«Методы нечеткой логики и нейронных сетей в робототехнике»

**БИЛЕТ № 1**

1. Алгоритм нечеткого вывода по Мамдани.
2. Спроектировать систему адаптивного нечеткого управления водонапорной башни: составление структурной схемы, задание лингвистических переменных и их предельных значений, выбор терм-множеств по лингвистическим переменным, выбор варианта адаптивного фаззификатора, выбор типа активационной функции.

Составитель  
(подпись)

\_\_\_\_\_

Хижняков Ю.Н.

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Южаков А.А.