

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

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы аспирантуры

_____ А.А. Южаков
д.т.н., проф., заведующий кафедрой АТ

« 17 » _____ 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры

«Нейро-нечеткие архитектуры и алгоритмы в управлении»

Научная специальность	2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами
Выпускающая кафедра	Автоматика и телемеханика (АТ)
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр: 3
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен:	Зачет: 3 Диф.зачет

Пермь 2022

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Нейро-нечеткие архитектуры и алгоритмы в управлении» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)»;
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 № 2122 «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

1.1 Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области разработки нейро-нечетких архитектур и алгоритмов в управлении.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Нейро-нечеткие архитектуры и алгоритмы в управлении» является дисциплиной по выбору образовательного компонента плана аспиранта.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

Знать:

- теорию нечетких систем управления недетерминированными объектами;
- теорию нейронных систем управления недетерминированными объектами.

Уметь:

- разрабатывать системы нечеткого управления недетерминированными объектами;
- разрабатывать системы нейронного управления недетерминированными объектами.

Владеть:

- алгоритмами адаптации нечетких систем управления недетерминированными объектами;
- алгоритмами адаптации нейронных систем управления недетерминированными объектами.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		3 семестр
1	Аудиторная работа	39
	В том числе:	
	Лекции (Л)	
	Практические занятия (ПЗ)	32
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	7
	Самостоятельная работа (СР)	69
	Форма итогового контроля:	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Основы нечеткого управления

ПЗ – 16 ч, КСР – 3 ч, СРС – 35 ч.

Тема 1. Нечеткие множества. Основные операции: включение, равенство, дополнение, пересечение, объединение, разность, дизъюнктивная сумма. Графическое представление нечетких множеств. Расширение четкой логики. Примеры.

ПЗ – 2 ч, КСР – 1 ч, СРС – 8 ч.

Тема 2. Фаззификация. Классификация функций принадлежности. Фаззификация на синглетонной базе, на несинглетонной базе, с помощью пропорций по Гостеву В.И.

ПЗ – 2 ч, КСР – 1 ч, СРС – 9 ч.

Тема 3. Нечеткие отношения, основные операции. Блок нечеткого вывода. Алгоритмы реализации нечеткой импликации: Заде, Мамдани, Ларсена, Тцукамото, Сугено-Такаги. Нечеткая композиция.

ПЗ – 2 ч, КСР – 0,5 ч, СРС – 9 ч.

Тема 4. Дефаззификация. Способы реализации. Модифицированный метод центра. Пример реализации нечеткого управления.

ПЗ – 2 ч, КСР – 0,5 ч, СРС – 9 ч.

Раздел 2. Основы нейронного управления

ПЗ – 16, КСР – 4 ч, СРС – 34 ч.

Тема 5. Классификация нейронов. Нечеткие нейроны. Расширенные нечеткие нейроны. Активационные функции. Метод адаптации нейрона. Разработка нейро-нечетких регуляторов. Пример.

ПЗ – 2 ч, КСР – 1 ч, СРС – 8 ч.

Тема 6. Нейро-нечеткая сеть *Anfisi* ее модификации: сети Ванга-Менделя и *TSK*.

ПЗ – 2 ч, КСР – 1 ч, СРС – 8 ч.

Тема 7. Алгоритмы обучения сетей с учителем: метод обратного распространения ошибки, дельта-метод и его модификация.

ПЗ – 2 ч, КСР – 1 ч, СРС – 9 ч.

Тема 8. Типы нейронных сетей: сеть Кохонена, сеть Гроссберга и ее обучение, сеть Хемминга и ее обучение, сеть Хопфилда и ее обучение.

ПЗ – 2 ч, КСР – 1 ч, СРС – 9 ч.

4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Особенности недетерминированных объектов. Примеры	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	2	Элементы нечеткого управления. Нечеткие множества их математическое описание. Нечеткие отношения, основные операции.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	3	Нечеткая импликация и	Собеседование.	Вопросы по

		нечеткая композиция. Примеры.	Творческое задание.	темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
4		Особенности проектирования нечетких регуляторов по Гостеву В.И.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
5		Нейроны, их классификация, область применения. Сеть <i>Anfis</i> .	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
6		Классификация нейронных сетей. Методы обучения с учителем и без учителя.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
7		Разработка адаптивного нечеткого регулятора вербального объекта.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
8		Метод обратного распространения ошибки и дельта-метод и его модификация.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Недетерминированные объекты. Классификация неопределенностей. Примеры.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Критерии робастности: структурная (аддитивная и мультипликативная), параметрическая (теорема о малом коэффициенте усиления, полиномы Харитонова В.Л.).	Творческое задание	Темы творческих заданий
3	3	Теория нечетких множеств, основные операции: пересечение, объединение и дополнение.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	4	Классификация алгоритмов	Творческое	Темы творческих

		нечеткого управления вербальным объектом: Заде, Мамдани, Ларсена, Тцукамото, Сугено-Такаги.	задание	заданий
5	5	Нейроны, их классификация: нечеткие нейроны, расширенные нечеткие нейроны.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
6	6	Нейронные сети: сеть Anfis и ее модификации, метод обучения.	Творческое задание	Темы творческих заданий
7	7	Нейронные сети общего назначения без обратных связей и с обратными связями. Методы обучения нейронных сетей с учителем и без учителя.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
8	8	Перспективы применения нечеткого и нейронного управления в автоматизации промышленных вербальных объектов.	Творческое задание	Темы творческих заданий

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Нейро-нечеткие архитектуры и алгоритмы в управлении» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;

6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	Хижняков Ю.Н. Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого управления в системах реального времени. Учебное пособие. – Пермь. Изд-во ПНИПУ, 2013. – 159 с.	5
2	Хижняков Ю.Н. Современные проблемы теории управления. Учебное пособие. – Пермь. Изд-во ПНИПУ, 2014. – 160 с.	50
3	Хижняков Н.Н. Нечеткое, нейронное и гибридное управление. Учебное пособие. – Пермь. Изд-во ПНИПУ, 2013. – 303 с.	15
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебно-методические, научные издания		

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1	Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 284 с.	4
2	Никифоров В.О. Адаптивное и робастное управление с компенсацией возмущений. СПб.: Наука.2003. – 282 с.	3
3	Гостев В.И. Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления. – СПб; БХВ-Петербург, 2011.– 416 с.	6
4	Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010. – 498 с.	1
2.2 Периодические издания		
1	Издательство «Новые технологии» «Мехатроника, Автоматизация, Управление»	
2	Вестник ПНИПУ. «Электротехника, информационные технологии, системы управления»	
3	Нелинейная динамика и управление: Сборник статей. Вып.8 / Под ред. С.В. Емельянова, С.К. Коровина. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 336 с. – ISBN 978-5-9221-1564-3	Научная электронная библиотека (НЭБ)
4	Техническая кибернетика	

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

2. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5

1	ПК Intel Pentium E2180 2.00 ГГц	9	Оперативное управление	315,А
---	------------------------------------	---	------------------------	-------

8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является зачет, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

- **Собеседование**

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

- **Защита отчета о творческом задании**

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) и практическое задание (ПЗ).

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания. Пример билета представлен в приложении 1.

- **Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче экзамена:**

Оценка результатов обучения по дисциплине проводится по 5-балльной системе оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена приведены в табл. 5.

Таблица 5

Шкала оценивания результатов освоения на зачете

Оценка	Критерии оценивания
Зачтено	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных

	<p>вопросов правильно.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.</p>
Незачтено	<p>При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные знания при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p> <p>При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</p>

9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи зачета по дисциплине разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Сравнить системы аналогового и цифрового управления.
2. Можно ли применять известные критерии устойчивости и качества при синтезе нелинейных систем автоматического регулирования.

Типовые контрольные задания:

1. Общие понятия об экспертных системах. Структура экспертных систем. Классификация экспертных систем
2. Общие понятия робастных систем. Робастные системы со структурной неопределенностью.
3. Робастные системы с параметрической неопределенностью. Полиномы Харитонова В.Л.
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 Заде.
10. Достоинства и недостатки нечеткого управления.
11. Нейронное управление. Классификация нейронов.
12. Сеть прямого распространения Anfis.
13. Алгоритм нечеткого вывода по Заде.
14. Алгоритм нечеткого вывода по Мамдани.
15. Алгоритм нечеткого вывода по Сугено-Такаги.
16. Алгоритм нечеткого вывода по Тцукамото.
17. Алгоритм нечеткого вывода по Ларсену.

Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на зачете по дисциплине:

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

Полный комплект вопросов и заданий в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «Автоматика и телемеханика».

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

Программа
Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами

Кафедра
Автоматика и телемеханика

Дисциплина
«Нейро-нечеткие архитектуры и алгоритмы в управлении»

БИЛЕТ № 1

1. Основные операции с нечеткими множествами.
2. Спроектировать систему адаптивного нечеткого управления водяным душем по Гостеву В.И.: составление структурной схемы, задание лингвистических переменных и их предельных значений, выбор терм-множеств по лингвистическим переменным, выбор варианта адаптивного фаззификатора, выбор типа активационной функции.

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

Фамилия И.О.

« _____ » _____ 202 _____ г.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		

