МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«САНКТ–ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

Кафедра №32

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель направления

проф.,д.т.н.,проф.
(должность, уч. степень, звание)

А.Л. Ронжин
(инициалы, фамилия)

(подпись)

«23» июня 2021 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Нечеткие регуляторы в робототехнических системах»
(Название дисциплины)

Код направления	15.04.06
Наименование направления/ специальности	Мехатроника и робототехника
Наименование направленности	Компьютерные технологии управления в мехатронике и робототехнике
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург 2021

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Доц., к.т.н.		В.П. Дашевский
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«26» мая 2021 г, протокол № 10

Заведующий кафедрой № 32

д.т.н.,проф.		А.Л. Ронжин
(уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 15.04.06(01)

доц.,к.т.н.,доц.		С.В. Соленый
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

доц.,к.э.н.,доц.		Г.С. Армашова-Тельник
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Нечеткие регуляторы в робототехнических системах» входит в вариативную часть образовательной программы подготовки обучающихся по направлению «15.04.06 «Мехатроника и робототехника » направленность «Компьютерные технологии управления в мехатронике и робототехнике». Дисциплина реализуется кафедрой №32.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника общепрофессиональных компетенций:

ОПК-1 «способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики»,

ОПК-2 «владение в полной мере основным физико-математическим аппаратом, необходимым для описания и исследования разрабатываемых систем и устройств»;

профессиональных компетенций:

ПК-1 «способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением методов формальной логики, методов конечных автоматов, сетей Петри, методов искусственного интеллекта, нечеткой логики, генетических алгоритмов, искусственных нейронных и нейро-нечетких сетей»,

ПК-2 «способность использовать имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабатывать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с разработкой, проектированием и использованием нечетких регуляторов, а также систем управления, которые базируются на принципах нечеткой логики.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: практические занятия, самостоятельная работа студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Данная дисциплина предоставляет возможность студентам развить и продемонстрировать навыки в области проектирования, разработки и использования нечетких регуляторов, а также систем управления, которые базируются на принципах нечеткой логики при помощи компьютерных технологий. Также позволяет наглядно понять и разобрать основные процессы, протекающие при функционировании и использовании нечетких регуляторов в различных задачах и областях.

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

ОПК-1 «способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики»:

знать – терминологию, относящуюся к нечеткой логике
уметь - различать преимущества и недостатки нечетких регуляторов и систем управления
владеть навыками - оценки качества решения различных задач с использованием нечетких регуляторов
иметь опыт деятельности - в использовании в использовании нечетких регуляторов для решения задач в области обработки изображений;

ОПК-2 «владение в полной мере основным физико-математическим аппаратом, необходимым для описания и исследования разрабатываемых систем и устройств»:

знать – математический аппарат и принципы работы регуляторов на основе нечеткой логики
уметь - проектировать простые нечеткие регуляторы с использованием языка программирования
владеть навыками - разработки и совершенствования нечетких регуляторов
иметь опыт деятельности - в формировании информационного потока данных для управления нечетким регулятором;

ПК-1 «способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением методов формальной логики, методов конечных автоматов, сетей Петри, методов искусственного интеллекта, нечеткой логики, генетических алгоритмов, искусственных нейронных и нейро-нечетких сетей»:

знать - математическое и структурное представление нечетких регуляторов
уметь - использовать математические модели при создании нечетких регуляторов
владеть навыками - модификации математических моделей нечетких регуляторов
иметь опыт деятельности - в применении математических моделей нечетких регуляторов для создания программного обеспечения;

ПК-2 «способность использовать имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабатывать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования»:
знать - особенности различных программных пакетов для проектирования систем управления
уметь - применять программные пакеты и модифицировать их работу для создания нечетких регуляторов

владеть навыками – разработки нечетких регуляторов с использованием различных программных пакетов
иметь опыт деятельности - с решением различных задач с использованием программных пакетов нечетких регуляторов.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Физика»
- «Математика»
- «Информатика»
- «Теория автоматического управления»

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- «Сенсорные системы в мехатронике и робототехнике»
- «Нейронные сети и нейроконтроллеры»

3. Объем дисциплины в ЗЕ/академ. час

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 1

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№2
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)	3/ 108	3/ 108
Аудиторные занятия, всего час., ***В том числе***	34	34
лекции (Л), (час)		
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	34	34
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
Экзамен, (час)	36	36
Самостоятельная работа, всего	38	38
Вид промежуточного контроля: зачет, дифф. зачет, экзамен **(Зачет, Дифф. зач, Экз.)**	Экз.	Экз.

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 2					
Раздел 1. Управление на базе нечеткой логики		8			9
Раздел 2. Формализация процесса принятия решений на базе нечеткой логики		8			9
Раздел 3. Новый метод проектирования нечетких регуляторов		9			9
Раздел 4. Примеры применения нечетких регуляторов в системах автоматического управления		9			11
Итого в семестре:		34			38
Итого:	0	34	0	0	38

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
	Учебным планом не предусмотрено

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисцип-лины
Семестр 2				
1.	Основы нечетной логики. Математическое определение нечёткого множества	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	2	1

2.	Операции над нечеткими множествами	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	3	1
3.	Нечеткая модель управления	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	3	1
4.	Система нечеткого ввода-вывода	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	4	2
5.	Разработка нечеткой модели управления в среде MATLAB	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	4	2
6.	управляющие воздействия на выходе нечеткого регулятора	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	4	3
7.	Моделирование ппринципиальных схем нечетких регуляторов	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	4	3
8.	Оптимизация параметров нечетких регуляторов	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	3	3
9.	Синтез нечеткой модели управления	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	4	4
10.	Оценка робастности нечеткой системы управления	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	3	4
		Всего:	34	

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено			
	Всего:		

4.5. Курсовое проектирование (работа)

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 2, час
1	2	3
Самостоятельная работа, всего	38	38
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)		
курсовое проектирование (КП, КР)		
расчетно-графические задания (РГЗ)		
выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю (ТК)		
домашнее задание (ДЗ)		
контрольные работы заочников (КРЗ)		

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 8-10.

6. Перечень основной и дополнительной литературы

6.1. Основная литература

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень основной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
ISBN 978-5-9963-1319-8	Нечеткое моделирование и управление / А.Пегат; пер. с англ. – 2-е изд. – М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 798 с.	http://znanium.com/bookread2.php?book=542076

6.2. Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка/ URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
ISBN 978-5-9912-	Нечеткие модели и сети / В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С.	http://znanium.com/bookread2.php?book=367553

0283-1	Федулов. - 2-е изд., стереотип. - М.: Гор. линия-Телеком, 2012. - 284 с.	
ISBN 978-5-9912-0320-3	Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский; Пер. с польск. И.Д. Рудинского - 2-е изд., стереотип. - М.: Гор. линия-Телеком, 2013. - 384с.	http://znanium.com/bookread2.php?book=414545

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

URL адрес	Наименование
https://habrahabr.ru/post/113020/	Статья. Алгоритм Мамдани в системах нечеткого вывода
https://habrahabr.ru/post/125614/	Статья. Нечеткая логика на практике
https://habrahabr.ru/post/136160/	Статья. Многокритериальный выбор альтернатив с использованием правил нечеткого вывода.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.1. Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

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

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Компьютерный класс	21-23

10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

10.1. Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав фонда оценочных средств для промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Примерный перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Задачи; Тесты.

10.2. Перечень компетенций, относящихся к дисциплине, и этапы их формирования в процессе освоения образовательной программы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам/практикам в процессе освоения ОП
ОПК-1 «способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики»	
2	Нечеткие регуляторы в робототехнических системах
2	Современные проблемы автоматизации и управления
2	Математические методы и модели в научных исследованиях
2	Экономика и менеджмент в робототехнике
3	История и философия науки
3	Нейронные сети и нейроконтроллеры
3	Функциональная логика робототехнических систем и комплексов
3	Классификация и распознавание образов
4	Производственная преддипломная практика
ОПК-2 «владение в полной мере основным физико-математическим аппаратом, необходимым для описания и исследования разрабатываемых систем и устройств»	
1	Научно-исследовательская работа
1	Научно-технический семинар
1	Научно-исследовательская работа
2	Нечеткие регуляторы в робототехнических системах

2	Научно-технический семинар
2	Научно-исследовательская работа
2	Математические методы и модели в научных исследованиях
2	Научно-исследовательская работа
3	Локальные системы управления
3	Научно-исследовательская работа
3	Научно-исследовательская работа
3	Научно-технический семинар
3	Функциональная логика робототехнических систем и комплексов
3	Интеллектуальные технологии локальной навигации
4	Производственная преддипломная практика
ПК-1 «способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением методов формальной логики, методов конечных автоматов, сетей Петри, методов искусственного интеллекта, нечеткой логики, генетических алгоритмов, искусственных нейронных и нейро-нечетких сетей»	
1	Основы теории управления мультиагентными РТС
1	Компьютерные технологии моделирования и проектирования электромеханотронных устройств
2	Электропривод прецизионных РТС
2	Сенсорные системы в мехатронике и робототехнике
2	Математические методы и модели в научных исследованиях
2	Нечеткие регуляторы в робототехнических системах
3	Интеллектуальные технологии локальной навигации
3	Локальные системы управления
3	Автоматизация проектирования и производства
3	Нейронные сети и нейроконтроллеры
3	Классификация и распознавание образов
4	Производственная преддипломная практика
ПК-2 «способность использовать имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабатывать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования»	
1	Методология инновационной деятельности
1	Компьютерные технологии моделирования и проектирования электромеханотронных устройств
1	Основы теории управления мультиагентными РТС
2	Математические методы и модели в научных исследованиях
2	Сенсорные системы в мехатронике и робототехнике
2	Нечеткие регуляторы в робототехнических системах
2	Электропривод прецизионных РТС
3	Автоматизация проектирования и производства
3	Нейронные сети и нейроконтроллеры
3	Интеллектуальные технологии локальной навигации
3	Локальные системы управления

3	Функциональная логика робототехнических систем и комплексов
3	Классификация и распознавание образов
4	Производственная преддипломная практика

10.3. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у обучающихся компетенций применяется шкала модульно–рейтинговой системы университета. В таблице 15 представлена 100–балльная и 4-балльная шкалы для оценки сформированности компетенций.

Таблица 15 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции		Характеристика сформированных компетенций
100-балльная шкала	4-балльная шкала	
$85 \le К \le 100$	«отлично» «зачтено»	- обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; - уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; - опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; - умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; - делает выводы и обобщения; - свободно владеет системой специализированных понятий.
$70 \le К \le 84$	«хорошо» «зачтено»	- обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; - аргументирует научные положения; - делает выводы и обобщения; - владеет системой специализированных понятий.
$55 \le К \le 69$	«удовлетво-рительно» «зачтено»	- обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; - слабо аргументирует научные положения; - затрудняется в формулировании выводов и обобщений; - частично владеет системой специализированных понятий.
$К \le 54$	«неудовлетворительно» «не зачтено»	- обучающийся не усвоил значительной части программного материала; - допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; - испытывает трудности в практическом применении знаний; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует выводов и обобщений.

10.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

1. Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
1.	Интеллектуальное управление. Fuzzy- концепция управления и ее теоретическая

	база.
2.	Основные отличия классического и fuzzy- подходов проектирования систем управления.
3.	Четкие и нечеткие множества. Сравнительная характеристика.
4.	Определение нечеткого множества. Формы описания и характеристики.
5.	Нечеткое подмножество и нечеткое подобие.
6.	Нечеткое дополнение, нечеткое пересечение и нечеткое объединение.
7.	Модификаторы нечетких множеств.
8.	Нечеткие отношения.
9.	Пересечение, объединение и композиция нечетких отношений.
10.	Нечеткая логика. История развития, основные отличия от булевой логики.
11.	Лингвистические переменные и термы.
12.	Четкие и нечеткие логические операторы. Способы их определения. Fuzzy-И,fuzzy- ИЛИ ug- оператор.
13.	T-иS- нормы, их свойства и основные пары функций для описания нечетких логических операторов И, ИЛИ.
14.	Основные особенности используемых на практике пар T- и S-норм. Связь между T- и S- нормами и определение нечеткого логического отрицания.
15.	Лингвистические правила. Modus ponens в булевой и нечеткой логике.
16.	Особенности математического описания и расчета лингвистических правил. Цилиндрическое расширение нечетких множеств.
17.	Нечеткие логические выводы и заключения. Картина нечеткой инференции. Нечеткие логические выводы и fuzzy- подобие.
18.	Общая схема обработки нечетких знаний в нечетких системах. Использование реляционных матриц для моделирования лингвистических правил.
19.	Max-min- имax-prod- механизм нечетких логических выводов.
20.	Обобщенная структура нечеткого регулятора.
21.	Обобщенный алгоритм работы нечеткого регулятора.
22.	Дефазификация. Метод максимума.
23.	Дефазификация. Метод среднего значения максимумов.
24.	Дефазификация. Метод аккумулирования.
25.	Дефазификация. Метод F.
26.	Дефазификация. Метод центра тяжести.
27.	Дефазификация. Модификации метода центра тяжести.
28.	Типовые структуры нечетких систем управления при отсутствии или наличии требования к динамическим свойствам fuzzy- регулятора.
29.	Типовые структуры нечетких систем управления с адаптивными и самоорганизующимися fuzzy- регуляторами.
30.	Синтез нечетких регуляторов. Обобщенная процедура проектирования.
31.	Синтез нечетких регуляторов. Этап выбора структуры нечеткой системы управления.
32.	Синтез нечетких регуляторов. Этап выбора структуры нечеткого регулятора.
33.	Синтез нечетких регуляторов. Этап выбора стратегии управления.
34.	Синтез нечетких регуляторов. Этап оптимизации функций принадлежности.
35.	Типовые нечеткие регуляторы. Нечеткая реализация типовой нелинейности с

	релейной характеристикой.
36.	Типовые нечеткие регуляторы. Нечеткая реализация типовой нелинейности с характеристикой усилителя с ограничением.
37.	Типовые нечеткие регуляторы. Нечеткая реализация типовой нелинейности с гистерезисной характеристикой.
38.	Типовые нечеткие регуляторы. Нечеткий П- регулятор.
39.	Типовые нечеткие регуляторы. Нечеткий И- регулятор.
40.	Типовые нечеткие регуляторы. Нечеткий Д- регулятор.
41.	Типовые нечеткие регуляторы. Нечеткий ПИ- регулятор.
42.	Типовые нечеткие регуляторы. Нечеткий ПД- регулятор.
43.	Типовые нечеткие регуляторы. Нечеткий ПИД- регулятор.
44.	Типовые нечеткие регуляторы. Нечеткие регуляторы со скользящим режимом переключения.
45.	Типовые нечеткие регуляторы. Нечеткий регулятор Sugeno иTakagi.
46.	Комбинированные нечеткие системы управления. Применение fuzzy-компоненты в качестве блока задания.
47.	Комбинированные нечеткие системы управления. Применение fuzzy-компоненты для коррекции управляющего воздействия.
48.	Комбинированные нечеткие системы управления. Применение fuzzy-компоненты для адаптации к заданной рабочей точке процесса.
49.	Сравнительный анализ Neuro- и Fuzzy- подходов к решению задач управления. Neuro- Fuzzy- системы управления.
50.	Neuro- Fuzzy- системы управления. Автономное или кооперативное действие Neuro- и Fuzzy- структур в рамках единой системы управления.
51.	Neuro- Fuzzy- системы управления. Проблема взаимопереходов между Neuro- и Fuzzy- описанием системы. Обучение нейронной сети fuzzy-системой.
52.	Neuro- Fuzzy- системы управления. Прямое структурное преобразование Fuzzy ---> Neuro.
53.	Анализ чувствительности. Влияние перекрытия нечетких множеств.
54.	Анализ чувствительности. Влияние степени перекрытия нечетких множеств.
55.	Анализ чувствительности. Влияние области влияния нечетких множеств.
56.	Анализ чувствительности. Влияние базы правил.
57.	Анализ чувствительности. Влияние метода дефазификации.
58.	Устойчивость нечетких систем управления. Анализ устойчивости на фазовой плоскости.
59.	Устойчивость нечетких систем управления. Метод выпуклого разложения.
60.	Устойчивость нечетких систем управления. Метод векторного поля.

2. Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 17)

Таблица 17 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифференцированного зачета
	Учебным планом не предусмотрено

3. Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта
	Учебным планом не предусмотрено

4. Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
1.	Дайте определение понятия множества.
2.	Опишите способы задания функции принадлежности отдельных элементов множества.
3.	Дайте определение операции объединения множеств и поясните ее смысл с помощью диаграммы Венна.
4.	Какие отношения называются бинарными? Какие примеры бинарных отношений вы могли бы привести?
5.	Сформулируйте определение нечеткого множества и поясните его основной смысл.
6.	Приведите основные способы и формы представления множеств.
7.	Опишите основные свойства операций над множествами: коммутативности, ассоциативности, идемпотентности, дистрибутивности и инволюции.
8.	Приведите примеры реальных задач, которые приводят к необходимости введения понятия нечеткого множества.
9.	Дайте определение операции пересечения множеств и поясните ее смысл с помощью диаграммы Венна.
10.	Дайте определение нечеткого отношения и приведите примеры нечетких отношений.
11.	Объясните сущность понятия неопределенности, его природу и основные источники.
12.	Раскройте сущность понятия лингвистической переменной.
13.	Раскройте понятие фаззификация (Fuzzification).
14.	С помощью каких правил формируются значения лингвистической переменной?
15.	Что такое аккумуляция (Accumulation)?
16.	Перечислите основные алгоритмы нечеткого вывода. Их особенности.
17.	Приведите классификацию лингвистических неопределенностей, поясните их сущность и дайте примеры.
18.	Приведите пример терм-множества значений некоторой лингвистической переменной.
19.	Что представляет собой терм-множество?
20.	Что такое агрегирование (Aggregation)?
21.	Раскройте понятие активизация (Activation).

22.	Раскройте понятие дефаззификация (Defuzzifica tion).
23.	Основные элементы системы MATLAB. Основные приемы работы в системе MATLAB.
24.	Для чего нужна программа просмотра правил системы нечеткого вывода в Fuzzy Logic Toolbox?
25.	Как создаются функции принадлежности в Fuzzy Logic Toolbox?
26.	Опишите функции редактора правил системы нечеткого вывода в Fuzzy Logic Toolbox
27.	Опишите функции редактора систем нечеткого вывода FIS в Fuzzy Logic Toolbox
28.	Для чего нужна программа просмотра поверхности системы нечеткого вывода в Fuzzy Logic Toolbox?

5. Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 20)

Таблица 20 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ п/п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
1.	Пусть имеются два нечетких множества A и B, определенные на базовом множестве $G = \{x \in R \mid 0 \le x \le 2\}$ и описываемые функциями принадлежности $$\mu_A(x) = \frac{2 - x}{x + 2}, \quad \mu_B(x) = \frac{(x - 2)^2}{x + 2}.$$ Рассчитать α- сечение A_α и B_α для $\alpha = 0.5$.
2.	Пусть имеются два нечетких множества A и B, определенные на базовом множестве $G = \{x \in R \mid 0 \le x \le 2\}$ и описываемые функциями принадлежности $$\mu_A(x) = \frac{2 - x}{x + 2}, \quad \mu_B(x) = \frac{(x - 2)^2}{x + 2}.$$ Рассчитать функцию принадлежности следующего выражения $U = A^c \cap B$.
3.	Пусть имеются два нечетких множества A и B, определенные на базовом множестве $G = \{x \in R \mid 0 \le x \le 2\}$ и описываемые функциями принадлежности $$\mu_A(x) = \frac{2 - x}{x + 2}, \quad \mu_B(x) = \frac{(x - 2)^2}{x + 2}.$$ Рассчитать функцию принадлежности следующего выражения $V = A \cup B^c$.
4.	Пусть имеются два нечетких множества A и B, определенные на базовом множестве $G = \{x \in R \mid 0 \le x \le 2\}$ и описываемые функциями принадлежности $$\mu_A(x) = \frac{2 - x}{x + 2}, \quad \mu_B(x) = \frac{(x - 2)^2}{x + 2}.$$ Рассчитать функцию принадлежности следующего выражения $V = [A \cap B^c]^c$.

5.	Пусть имеются два нечетких множества A и B, определенные на базовом множестве $G = \{x \in R \mid 0 \le x \le 2\}$ и описываемые функциями принадлежности $$\mu_A(x) = \frac{2 - x}{x + 2}, \quad \mu_B(x) = \frac{(x - 2)^2}{x + 2}.$$ Кроме того определен нечеткий логический оператор ◊ с помощью следующего равенства: $$A \lozenge B = [A^c \cup B]^c.$$ Рассчитать функцию принадлежности для выражения $Z = A^c \lozenge B$.
6.	Пусть T- норма на базовом множестве X описывается формулой вида: $$T(\mu_A(x),\mu_B(x)) = (\mu_A(x)\ \mu_B(x))/\max[\mu_A(x), \mu_B(x)].$$ Рассчитать соответствующую S- норму.
7.	Пусть имеются два нечетких множества A и B, определенные на базовом множестве $G = \{x \in R \mid 0 \le x \le 1\}$ и описываемые функциями принадлежности $$\mu_A(x) = \frac{1}{x^2 + 1}, \quad \mu_B(x) = \frac{x}{x^2 + 1}.$$ Рассчитать функцию принадлежности для выражений $U = A \cup B$, $V = A \cap B$.
8.	Пусть S- норма на базовом множестве X описывается формулой вида: $$S(\mu_A(x),\mu_B(x)) = \min((\mu_A(x)^p+\mu_B(x)^p)^{1/p},1),\ p \ge 1.$$ Рассчитать соответствующую T- норму для $p = 1$.
9.	Пусть T- норма на базовом множестве X описывается формулой вида: $$T(\mu_A(x),\mu_B(x)) = (\mu_A(x)\ \mu_B(x))/(2-(\mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x)\ \mu_B(x))).$$ Рассчитать соответствующую S- норму.
10.	Пусть имеются два нечетких множества A и B, определенные на базовом множестве $G = \{x \in R \mid 0 \le x \le 1\}$ и описываемые функциями принадлежности $$\mu_A(x) = \frac{1}{x + 1}, \quad \mu_B(x) = \frac{x}{x + 1}.$$ Рассчитать функцию принадлежности для выражений $U = A \cup B$, $V = A \cap B$ с использованием операторов Ягера при $p = 1$.
11.	Пусть имеются два нечетких множества A и B, определенные на базовом множестве $G = \{x \in R \mid 0 \le x \le 1\}$ и описываемые функциями принадлежности $$\mu_A(x) = x, \quad \mu_B(x) = \max[0,1-2x].$$ Рассчитать функцию принадлежности для выражения $G = (A \cup B^c)^c$.

12.	Пусть имеются два нечетких множества A и B, определенные на базовом множестве $G = \{x \in R \mid 0 \le x \le 1\}$ и описываемые функциями принадлежности $\mu_A(x) = x, \quad \mu_B(x) = \max[0,1-2x]$. Рассчитать функцию принадлежности для выражения $G = (A^c \cup B) \cap (A \cup B)^c$.
13.	Нечеткий регулятор должен управлять добавкой w красящих веществ к жидкости в зависимости от скорости ее течения v. Стратегия управления задается базой правил следующего вида: ЕСЛИ v = *быстро* ТО w = *много* ЕСЛИ v = *медленно* ТО w = *мало* Базовые множества для лингвистических переменных v и w: $V = \{1, 2, 3\}, \quad W = \{10, 20, 30\}$. Их термы квантизированы на базовом множестве следующим образом: *быстро* ---> $A_1 = \{(1;0), (2;0.5), (3;1)\}$, *медленно* ---> $A_2 = \{(1;1), (2;0.4), (3;0)\}$, *много* ---> $B_1 = \{(10;0), (20;0.6), (30;1)\}$, *мало* ---> $B_2 = \{(10;1), (20;0.3), (30;0)\}$. Представить базу правил в виде реляционной матрицы.
14.	Нечеткий регулятор должен управлять добавкой w красящих веществ к жидкости в зависимости от скорости ее течения v. Стратегия управления задается базой правил следующего вида: ЕСЛИ v = *быстро* ТО w = *много* ЕСЛИ v = *медленно* ТО w = *мало* Базовые множества для лингвистических переменных v и w: $V = \{1, 2, 3\}, \quad W = \{10, 20, 30\}$. Их термы квантизированы на базовом множестве следующим образом: *быстро* ---> $A_1 = \{(1;0), (2;0.5), (3;1)\}$, *медленно* ---> $A_2 = \{(1;1), (2;0.4), (3;0)\}$, *много* ---> $B_1 = \{(10;0), (20;0.6), (30;1)\}$, *мало* ---> $B_2 = \{(10;1), (20;0.3), (30;0)\}$. Определить нечеткое выходное множество, если на вход fuzzy- системы поступает нечеткое входное множество $A_2 = \{(1;0.1), (2;1), (3;0)\}$.
15.	Процесс добавки красящих веществ к жидкости зависит от скорости ее течения v и температуры t. Базовые множества для соответствующих лингвистических переменных v и t: $V = \{1, 2, 3\}, \quad T = \{100, 200, 300\}$.

	Их термы квантизированы на базовом множестве следующим образом: *быстро* ---> A_1 = {(1;0), (2;0.5), (3;1)}, *медленно* ---> A_2 = {(1;1), (2;0.4), (3;0)}, *теплая* ---> C_1 = {(100;0), (200;1), (300;0.6)}, *холодная* ---> C_2 = {(100;1), (200;0.2), (300;0)}. Определить функции принадлежности в матричной форме для следующих состояний жидкости: 1) *быстро и холодная*; 2) *медленно и теплая*.

10.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в Положениях «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Целью дисциплины является – получение студентами необходимых знаний, умений и навыков в области проектирования и использования нечетких регуляторов и систем управления, основанных на принципах нечеткой логики, создание поддерживающей образовательной среды преподавания, предоставление возможности студентам развить и продемонстрировать навыки для решения задач с использованием нечетких регуляторов и моделирования их структур для получения более высоких показателей при работе данных систем.

11.1. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающемся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающемся практических занятий:

– закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;

- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Функции практических занятий:

- познавательная;
- развивающая;
- воспитательная.

По характеру выполняемых обучающимся заданий по практическим занятиям подразделяются на:

- ознакомительные, проводимые с целью закрепления и конкретизации изученного теоретического материала;
- аналитические, ставящие своей целью получение новой информации на основе формализованных методов;
- творческие, связанные с получением новой информации путем самостоятельно выбранных подходов к решению задач.

Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Они могут проводиться:

- в интерактивной форме (решение ситуационных задач, занятия по моделированию реальных условий, деловые игры, игровое проектирование, имитационные занятия, выездные занятия в организации (предприятия), деловая учебная игра, ролевая игра, психологический тренинг, кейс, мозговой штурм, групповые дискуссии);
- в не интерактивной форме (выполнение упражнений, решение типовых задач, решение ситуационных задач и другое).

Методика проведения практического занятия может быть различной, при этом важно достижение общей цели дисциплины.

Требования к проведению практических занятий

Структурными элементами практического занятия являются: вводная часть, основная часть, заключительная часть.

Вводная часть обеспечивает подготовку студентов к выполнению заданий работы. В ее состав входят:

- формулировка темы, цели и задач занятия, обоснование его значимости в профессиональной подготовке студентов;
- рассмотрение связей данной темы с другими темами курса;
- изложение теоретических основ работы;
- характеристика состава и особенностей заданий работы и объяснение подходов (методов, способов, приемов) к их выполнению;
- характеристика требований к результату работы;
- вводный инструктаж по технике безопасности при эксплуатации технических средств;
- проверка готовности студентов к выполнению заданий работы;
- пробное выполнение заданий под руководством преподавателя;
- указания по самоконтролю результатов выполнения заданий студентами.

Основная часть предполагает самостоятельное выполнение заданий студентами. Может сопровождаться:

- дополнительными разъяснениями по ходу работы;
- устранением трудностей при выполнении заданий работы;
- текущим контролем и оценкой результатов работы;
- поддержанием в рабочем состоянии технических средств;
- ответами на вопросы студентов.

Заключительная часть содержит:

- подведение общих итогов (позитивных, негативных) занятия;
- оценку результатов работы отдельных студентов;
- ответы на вопросы студентов;
- выдачу рекомендаций по улучшению показателей работы и устранению пробелов в системе знаний и умений студентов;
- сбор отчетов студентов по выполненной работе для проверки преподавателем;
- изложение сведений о подготовке к выполнению следующей работы, в частности, о подлежащей изучению учебной литературе.

Вводная и заключительная части лабораторного (практического) занятия проводятся фронтально. Основная часть выполняется каждым студентом индивидуально.

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

– учебно-методический материал по дисциплине;

– методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой