

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ

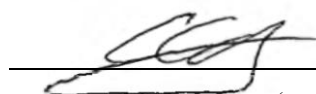
Руководитель образовательной программы

К.Т.Н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«28» мая 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

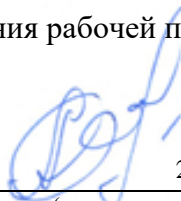
«Нечеткие регуляторы в робототехнических системах»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	15.04.06
Наименование направления подготовки/ специальности	Мехатроника и робототехника
Наименование направленности/ специализации	Компьютерные технологии управления в мехатронике и робототехнике
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

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



28.05.2026

(подпись, дата)

С.А. Сериков

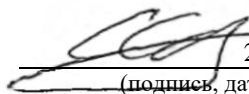
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«28» мая 2026 г, протокол № 12

Заведующий кафедрой № 32

к.т.н., доц.
(уч. степень, звание)



28.05.2026

(подпись, дата)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

доц., к.т.н.
(должность, уч. степень, звание)



28.05.2026

(подпись, дата)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Нечеткие регуляторы в робототехнических системах» входит в образовательную программу высшего образования – программу магистратуры по направлению подготовки/ специальности 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» направленности/специализации «Компьютерные технологии управления в мехатронике и робототехнике». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-3 «Способен разрабатывать и применять наукоемкое алгоритмическое обеспечение для решения профессиональных задач в области профессиональной деятельности»

ПК-5 «Способен разрабатывать структуру управления манипуляторов и роботов и применять специализированное программное обеспечение для решения профессиональных задач»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с разработкой и применением систем нечёткого вывода для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена (2 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является ознакомление студентов с принципами, методами и инструментальными средствами разработки и моделирования систем, основанных на нечетком представлении информации и нечеткой логике; изучение возможностей применения систем нечёткого вывода при обработке информации и управлении в робототехнических системах.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

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

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-3 Способен разрабатывать и применять наукоемкое алгоритмическое обеспечение для решения профессиональных задач в области профессиональной деятельности	ПК-3.В.1 владеть методами разработки, отладки, тестирования и оптимизации наукоемкого алгоритмического обеспечения для решения профессиональных задач
Профессиональные компетенции	ПК-5 Способен разрабатывать структуру управления манипуляторов и роботов и применять специализированное программное обеспечение для решения профессиональных задач	ПК-5.3.1 знать принципы работы, технические характеристики манипуляторов и роботов ПК-5.У.1 уметь разрабатывать манипуляторы роботов и их мехатронное обеспечение, выбирать и обосновывать структуру управления, а также применять специализированное программное обеспечение для решения профессиональных задач

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Математические методы и модели в научных исследованиях»,
- «Основы теории управления мультиагентными РТС»,
- «Сенсорные системы в мехатронике и робототехнике»,
- «Электропривод прецизионных РТС».

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

- «Нейронные сети и нейроконтроллеры»,
- «Локальные системы управления».

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№2
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	6/ 216	6/ 216
Из них часов практической подготовки	34	34
Аудиторные занятия, всего час.	51	51
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	34	34
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	36	36
Самостоятельная работа, всего (час)	129	129
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Экз.	Экз.

4. Содержание дисциплины

- 4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.
Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП/КР (час)	СР (час)
Семестр 2					
Раздел 1. Введение в нечеткое моделирование. <i>Тема 1.1. Понятие о математической логике.</i> <i>Тема 1.2. Нечёткие множества.</i> <i>Тема 1.3. Нечёткие отношения.</i>	5	10			29
Раздел 2. Системы нечёткого вывода. <i>Тема 2.1. Лингвистическая переменная.</i> <i>Тема 2.2. Основные этапы нечёткого вывода.</i> <i>Тема 2.3. Основные алгоритмы нечёткого вывода.</i>	6	12			50
Раздел 3. Адаптивные и иерархические системы нечёткого вывода. <i>Тема 3.1. Гибридные нейронные сети.</i> <i>Тема 3.2. Системы нечёткого управления.</i>	6	12			50

Итого в семестре:	17	34			129
Итого	17	34	0	0	129

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<p>Раздел 1. Введение в нечеткое моделирование.</p> <p><i>Тема 1.1. Понятие о математической логике.</i> Классическая логика высказываний. Логика предикатов. Продукционные системы. Понятие о нечёткой логике. Нечёткость и вероятность.</p> <p><i>Тема 1.2. Нечёткие множества.</i> Понятие «множество». Понятие «нечёткое множество». Основные характеристики нечетких множеств. Примеры нечетких множеств. Нечёткие числа. Функции принадлежности нечётких множеств. Треугольная функция принадлежности. Трапециевидная функция принадлежности. Гауссова функция принадлежности. Сигмоидная функция принадлежности. Синглтонная функция принадлежности. Операции над нечёткими множествами. Функции от нечётких аргументов. α -уровневый принцип обобщения. Правила выполнения арифметических операций для нечётких чисел.</p> <p><i>Тема 1.2. Нечёткие отношения.</i> Основные характеристики нечётких отношений. Основные свойства нечётких отношений. Операции над нечёткими отношениями.</p>
2	<p>Раздел 2. Системы нечёткого вывода.</p> <p><i>Тема 2.1. Лингвистическая переменная.</i> Нечёткая импликация. Нечёткий логический вывод.</p> <p><i>Тема 2.2. Основные этапы нечёткого вывода.</i> Формирование нечёткой базы знаний системы нечёткого вывода. Фаззификация входных переменных. Агрегирование подусловий в нечётких правилах продукций. Активизация заключений в нечётких правилах продукций. Аккумуляция заключений нечётких правил продукций. Дефаззификация выходных переменных.</p> <p><i>Тема 2.3. Основные алгоритмы нечёткого вывода.</i> Алгоритм Мамдани. Алгоритм Сугено.</p>
3	<p>Раздел 3. Адаптивные и иерархические системы нечёткого вывода.</p> <p><i>Тема 3.1. Гибридные нейронные сети.</i> Гибридная нейронная сеть ANFIS. Нечёткая нейронная сеть Ванга-Менделя. Иерархические системы нечёткого вывода</p> <p><i>Тема 3.2. Системы нечёткого управления.</i> Интеллектуальные системы управления с экспертно-нейросетевым регулятором. Самообучающаяся система управления на основе нейронных сетей.</p>

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 2					
1	Процесс нечёткого моделирования в вычислительной среде MatLab. Пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox.	Групповые занятия, виртуальное моделирование	2	2	1-3
2	Нечёткая аппроксимация нелинейных зависимостей с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox в интерактивном режиме	Групповые занятия, виртуальное моделирование	4	4	1-3
3	Разработка нечёткой экспертной системы с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox в интерактивном режиме	Групповые занятия, виртуальное моделирование	4	4	1-3
4	Разработка нечёткой системы регулирования уровня жидкости в резервуаре	Групповые занятия, виртуальное моделирование	4	4	1-3
5	Разработка нечёткой системы управления тележкой мостового крана	Групповые занятия, виртуальное моделирование	4	4	1-3
6	Разработка систем нечёткого вывода в режиме командной строки с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox	Групповые занятия, виртуальное моделирование	4	4	1-3
7	Адаптация системы нечёткого вывода Мамдани с использованием средств нелинейной оптимизации пакета Optimization Toolbox	Групповые занятия, виртуальное моделирование	4	4	1-3

8	Разработка двухканального нечёткого регулятора для управления мобильным роботом в среде MatLab с использованием Fuzzy Logic Toolbox	Групповые занятия, виртуальное моделирование	4	4	1-3
9	Многоцелевое нечёткое управление мобильным роботом: движение к цели с интеллектуальным обходом препятствий по данным лидара. Использование библиотек SciKit-Fuzzy (skfuzzy), PyGame (для 2D-визуализации)	Групповые занятия, виртуальное моделирование	4	4	1-3
Всего			34	34	

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего				

4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 2, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	90	90
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	20	20
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		

Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	19	19
Всего:	129	129

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
URL: https://djvu.online/file/pPTbRZ04hli0c (дата обращения: 20.06.2026), Режим доступа: свободный	Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат ; пер. с англ. — 4-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2020. — 801 с.	
URL: https://books.ifmo.ru/file/pdf/2231.pdf (дата обращения: 20.06.2026), Режим доступа: свободный	Демидова Г.Л., Лукичев Д.В. Регуляторы на основе нечеткой логики в системах управления техническими объектами – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 81 с.	
URL: http://lib.volpi.ru (дата обращения: 14.05.2026), Режим доступа: для авторизованных пользователей	Рыбанов, А.А. Методы анализа нечеткой информации: курс лекций [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Рыбанов, М.В. Фадеева; ВПИ (филиал) ВолгГТУ, – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 7,3 МБ). – Волжский, 2019.	
URL: https://djvu.online/file/L28AFEHAmuvdV (дата обращения: 20.06.2026), Режим доступа: свободный	Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – 2-е изд. перераб. и доп. – СПб.: Горячая линия-телеком, 2017. – 448 с.	
URL: https://djvu.online/file/A3cyuNOKMHD25 (дата обращения: 20.06.2026), Режим доступа: свободный	Штовба С.Д. Проектирование нечётких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. – М. : «Горячая линия – Телеком», 2007. – 288 с	
URL: https://djvu.online/file/YYLv1b1aDARHk (дата обращения: 20.06.2026), Режим доступа: свободный	Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов
информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
https://pro.guap.ru/	Элементы электронного курса по дисциплине размещены <u>внутри ЭИОС ГУАП «Интегрированная среда обучения»</u>
https://proporprogs.ru/ml	Сайт «Машинное обучение»
http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Заглавная_страница	Профессиональный информационно-аналитический ресурс, посвященный машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному анализу данных
https://jakevdp.github.io/PythonDataScienceHandbook/05.06-linear-regression.html	Справочник по Python для Data Science от Джейка ВандерПласа:

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	Электронная информационно-образовательная среда ГУАП «Интегрированная среда обучения» (https://pro.guap.ru/) разработана сотрудниками ГУАП (введена в эксплуатацию приказом ГУАП от 06.06.2017 № 05-215/17), перечень модулей и их функциональное назначение изложены по ссылке https://guap.ru/it/system/iso
2	Официальный сайт образовательной организации в сети «Интернет» (https://guap.ru/), разработан сотрудниками ГУАП (введен в эксплуатацию Приказом ГУАП от 23.03.2023 № 05-145/23)
3	Microsoft Office 2019 (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке https://guap.ru/it/system/iso/po)
4	Anaconda3-2025.12-2-Windows-x86_64 (лицензии GPL/LGPL/MPL)
5	Python 3.13.9 64-bit (лицензии GPL/LGPL/MPL)
6	Spyder 6.1.0 (лицензии GPL/LGPL/MPL)

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
-------	--------------

1	Электронный каталог библиотеки ГУАП с доступом к базе полнотекстовых изданий (https://lib.guap.ru.), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП
2	Научная электронная библиотека «eLIBRARY» (https://elibrary.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
3	ЭБС «Лань» (https://e.lanbook.com/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
4	ЭБС Znanium (https://znanium.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
5	Онлайн-книга «Справочник по науке о данных Python» https://jakevdp.github.io/PythonDataScienceHandbook/05.06-linear-regression.html

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; набор демонстрационного оборудования (Интерактивный мультисенсорный дисплей на перекатной стойке FocusTouch Диагональ 70" – 1 шт., ПЭВМ – 1 шт.); Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	21-21 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)
2	Лаборатория компьютерного моделирования: – специализированная мебель; – технические средства обучения, служащие для представления учебной информации; ПЭВМ - Дисплей интерактивный НТС- 1 шт. Лабораторное оборудование: ПЭВМ – «Место рабочее автоматизированное» – 18 шт. Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	31-04 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**.
«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. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**.
«удовлетворительно» «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. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий**.
«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. – правильно выполнил менее 51% тестовых заданий**.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов для экзамена	Код индикатора
1	1.1. Поясните понятия: «искусственный интеллект», «интеллектуальная задача».	ПК-3.В.1 ПК-5.3.1

	<p>1.2. Нечёткое множество, его отличие от обычного (чёткого) множества.</p> <p>1.3. Характеристическая функция принадлежности нечёткого множества.</p> <p>1.4. Способы записи (представления) нечётких множеств;</p> <p>1.5. Высота нечёткого множества. Нормальное, субнормальное нечёткие множества. Нормализация непустого субнормального нечёткого множества.</p> <p>1.6. Унимодальное нечёткое множество. Носитель нечёткого множества. Ядро нечёткого множества.</p> <p>1.7. Точки перехода нечёткого множества. α-сечение нечёткого множества.</p>	ПК-5.У.1
2	<p>2.1. Поясните понятия: «нечёткие множества \tilde{A} и \tilde{B} равны», «\tilde{A} является нечётким подмножеством \tilde{B}», «\tilde{B} доминирует \tilde{A}», «\tilde{A} содержится в \tilde{B}», «\tilde{B} строго доминирует \tilde{A}», «\tilde{A} строго содержится в \tilde{B}».</p> <p>2.2. Дополнение (отрицание) нечёткого множества.</p> <p>2.3. Пересечение (логическое произведение), алгебраическое пересечение (вероятностное пересечение), граничное пересечение (пересечение по Лукасевичу) нечётких множеств \tilde{A} и \tilde{B}.</p> <p>2.4. Объединение (логическая сумма), алгебраическое объединение (вероятностное объединение), граничное объединение (объединение по Лукасевичу) нечётких множеств \tilde{A} и \tilde{B}</p>	ПК-3.В.1 ПК-5.3.1 ПК-5.У.1
3	<p>3.1. Понятие треугольной нормы (t-норма). Аксиомы треугольной нормы.</p> <p>3.2. Понятие треугольной конормы (t-конорма, s-норма). Аксиомы треугольной конормы.</p> <p>3.3. Умножение нечёткого множества на число, возведение в степень.</p> <p>3.4. Операции концентрирования и растяжения нечёткого множества.</p> <p>3.5. Нечёткое число. Положительные и отрицательные нечёткие числа.</p> <p>3.6. Функции от нечётких аргументов. α-уровневый принцип обобщения. Правила выполнения арифметических операций для нечётких чисел</p>	ПК-3.В.1 ПК-5.3.1 ПК-5.У.1
4	<p>4.1. Нечёткие отношения. Способы задания нечётких отношений.</p> <p>4.2. Основные характеристики нечётких отношений: носитель, мода, α-сечение нечёткого отношения.</p> <p>4.3. Основные свойства нечётких отношений. Рефлексивные, антирефлексивные, симметричные, асимметричные нечёткие отношения. Обратные нечёткие отношения.</p> <p>4.4. Операции над нечёткими отношениями. Пересечение и объединение нечётких отношений, дополнение нечёткого отношения.</p> <p>4.5. Композиция бинарных нечётких отношений. (max-min)-</p>	ПК-3.В.1 ПК-5.3.1 ПК-5.У.1

	<p>композиция, (max-prod)-композиция.</p> <p>4.6. Лингвистическая переменная. Терм-множество лингвистической переменной. Синтаксические и семантические правила, порождающие новые термы.</p> <p>4.7. Использование квантификаторов «не», «очень», «более-менее» для порождения новых термов лингвистической переменной.</p>	
5	<p>5.1. Нечёткий логический вывод. Типовая структура системы нечёткого вывода.</p> <p>5.2. Основные этапы нечёткого вывода.</p> <p>5.3. Формирование нечёткой базы знаний системы нечёткого вывода.</p> <p>5.4. Фаззификация входных переменных системы нечёткого вывода (введение нечёткости)</p> <p>5.5. Агрегирование подусловий в нечётких правилах продукций системы нечёткого вывода.</p> <p>5.6. Активизация заключений в нечётких правилах продукций системы нечёткого вывода.</p> <p>5.7. Аккумуляция заключений нечётких правил продукций системы нечёткого вывода.</p> <p>5.8. Дефаззификация выходных переменных системы нечёткого вывода. Методы центра тяжести, медианы, центра максимумов, левого и правого модальных значений</p> <p>5.9. Алгоритм нечёткого вывода Мамдани. Особенности. Область применения.</p> <p>5.10. Алгоритм нечёткого вывода Сугено. Особенности. Область применения.</p>	<p>ПК-3.В.1</p> <p>ПК-5.3.1</p> <p>ПК-5.У.1</p>
6	<p>6.1. Процесс нечёткого моделирования в вычислительной среде MatLab. Пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox. Интерактивный командный режимы работы</p> <p>6.2. Графические средства (GUI-модули), входящие в состав пакета Fuzzy Logic Toolbox. Состав, назначение, возможности, особенности использования.</p> <p>6.3. Поясните назначение и особенности использования команд пакета Fuzzy Logic Toolbox: <pre>fismat=readfis('filename'); getfis(fis); showfis(fis); output=evalfis(input,fismat); fuzzy('fismat'); fuzzy(fismat); fuzzy.</pre> </p>	<p>ПК-3.В.1</p> <p>ПК-5.3.1</p> <p>ПК-5.У.1</p>

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.
Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для выполнения курсового проекта / курсовой работы

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

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
	<p>1 тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа</p>	
1	<p>Кто заложил основы теории нечетких множеств?</p> <p>А) И. Мамдани; Б) А. Тьюринг; В) Л. Заде; Г) К. Шеннон.</p>	ПК-3.В.1 ПК-5.3.1 ПК-5.У.1
2	<p>Какие значения может принимать функция принадлежности?</p> <p>А) $[0, +\infty]$; Б) $[-\infty, +\infty]$; В) $[0, 1]$; Г) Нет правильного ответа.</p>	ПК-3.В.1 ПК-5.3.1 ПК-5.У.1
3	<p>Множество точек, для которых значение функция принадлежности равно 1, называется:</p> <p>А) носителем; Б) ядром; В) α-срезом; Г) Нет правильного ответа.</p>	ПК-3.В.1 ПК-5.3.1 ПК-5.У.1
4	<p>На рисунке показаны графики функции принадлежности нечетких множеств $\mu_A(x)$ – «Высокий рост» и $\mu_B(x)$ – «Средний рост».</p> <p>Определить степень принадлежности человека ростом 180 см к первому и второму множествам:</p> <p>А) $\mu_A(180) = 0,75; \mu_B(180) = 1,0$; Б) $\mu_A(180) = \mu_B(180) = \min\{0,75, 1,0\}$; В) $\mu_A(180) = \mu_B(180) = \max\{0,75, 1,0\}$; Г) $\mu_A(180) = \mu_B(180) = 0,5 \cdot (\mu_A(180) + \mu_B(180)) = 0,875$.</p>	ПК-3.В.1 ПК-5.3.1 ПК-5.У.1
5	<p>Какое из определений относится к определению носителя нечеткого множества:</p>	ПК-3.В.1 ПК-5.3.1

	<p>А) уровень выбора нечеткого множества; Б) пересечение нечетких множеств; В) четкое подмножество универсального множества; Г) подмножество множества U, содержащее те элементы из U, для которых значения функции принадлежности больше нуля.</p>	ПК-5.У.1
6	<p>Дано нечёткое множество: $\tilde{A} = \left\{ \frac{0}{1} + \frac{0,5}{3} + \frac{0,9}{5} + \frac{0,8}{7} + \frac{0,2}{9} \right\}$.</p> <p>Нормированное множество имеет вид:</p> <p>А) $\tilde{A}_{\text{норм}} = \left\{ \frac{0,1}{1} + \frac{0,6}{3} + \frac{1,0}{5} + \frac{0,9}{7} + \frac{0,3}{9} \right\}$;</p> <p>Б) $\tilde{A}_{\text{норм}} = \left\{ \frac{0/0,9}{1} + \frac{0,5/0,9}{3} + \frac{0,9/0,9}{5} + \frac{0,8/0,9}{7} + \frac{0,2/0,9}{9} \right\}$;</p> <p>В) $\tilde{A}_{\text{норм}} = \left\{ \frac{0/1}{1} + \frac{0,5/3}{3} + \frac{0,9/5}{5} + \frac{0,8/7}{7} + \frac{0,2/9}{9} \right\}$;</p> <p>Г) $\tilde{A}_{\text{норм}} = \left\{ \frac{0}{9} + \frac{0,5}{9} + \frac{0,9}{9} + \frac{0,8}{9} + \frac{0,2}{9} \right\}$.</p>	ПК-3.В.1 ПК-5.3.1 ПК-5.У.1
<p>2 тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов</p>		
7	<p>Какие формулы определяет объединение нечетких множеств А и В?</p> <p>А) $\max(\mu_A(x), \mu_B(x)), \forall x \in E$;</p> <p>Б) $\min(\mu_A(x), \mu_B(x)), \forall x \in E$;</p> <p>В) $\mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \cdot \mu_B(x), \forall x \in E$;</p> <p>Г) $\mu_A(x) \cdot \mu_B(x), \forall x \in E$;</p> <p>Д) Нет правильного ответа.</p>	ПК-3.В.1 ПК-5.3.1 ПК-5.У.1
8	<p>Какие формулы определяет пересечение нечетких множеств А и В?</p> <p>А) $\min(\mu_A(x), \mu_B(x)), \forall x \in E$;</p> <p>Б) $\max(\mu_A(x), \mu_B(x)), \forall x \in E$;</p> <p>В) $\mu_A(x) \cdot \mu_B(x), \forall x \in E$;</p> <p>Г) $\mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \cdot \mu_B(x), \forall x \in E$;</p> <p>Д) Нет правильного ответа.</p>	ПК-3.В.1 ПК-5.3.1 ПК-5.У.1
9	<p>Отметьте верные утверждения, относящиеся к операции концентрирования нечёткого множества $\text{CON}(\tilde{A})$</p> <p>А) Соответствует возведению исходного нечёткого множества в квадрат: \tilde{A}^2;</p>	ПК-3.В.1 ПК-5.3.1 ПК-5.У.1

	1. Высота. $\text{height}(\tilde{A})$	А) 1,0	
	2. Носитель. $\text{supp}(\tilde{A})$	Б) {2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}	
	4. Ядро. $\text{core}(\tilde{A})$	В) {5, 6}	
	3. точки перехода	Г) {3, 8}	

14 Установите соответствие изображения гауссовой функции принадлежности значениям её параметра.

ПК-3.В.1
ПК-5.3.1
ПК-5.У.1

$$\mu(x) = \exp\left(-\frac{(x-b)^2}{2 \cdot c^2}\right),$$

$b = 50$

1. $c = 20$ А)
2. $c = 10$ Б)
3. $c = 2$ В)

15 Установите соответствие изображения сигмоидальной функции принадлежности значениям её параметра.

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \exp(-a \cdot (x - c))}$$

$c = 50$

1. $a = -0,1$ А)
2. $a = 1,0$ Б)
3. $a = 0,2$ В)

4 тип. Задание закрытого типа на установление последовательности

Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность.
Запишите соответствующую последовательность букв слева направо

16 Определите последовательность результирующих значений таблицы истинности для бинарной операции «Логическая импликация» над двумя высказываниями p и q в формате:

$$\langle X_0, X_1, X_2, X_3 \rangle, \quad X_i = \{\text{Ложь}, \text{Истина}\}, \quad i = \overline{0, 3}$$

p	q	$p \rightarrow q,$ $(p \supset q)$
«Ложь»	«Ложь»	X_0

ПК-3.В.1
ПК-5.3.1
ПК-5.У.1

		«Ложь»	«Истина»	X_1	
		«Истина»	«Ложь»	X_2	
		«Истина»	«Истина»	X_3	
17	Укажите последовательность основных этапов нечёткого вывода. А) формирование базы правил нечётких продукций системы нечёткого вывода (нечёткой базы знаний); Б) фаззификация входных переменных; В) агрегирование подусловий в нечётких правилах продукций; Г) активизация заключений в нечётких правилах продукций; Д) аккумулярование заключений нечётких правил продукций; Е) дефаззификация выходных переменных.				ПК-3.В.1 ПК-5.3.1 ПК-5.У.1
<p>5 тип. Задание открытого типа с развернутым ответом</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ или напишите пропущенное слово/словосочетание</p>					
18	_____ называется переменная, принимающая значения из множества слов или словосочетаний некоторого естественного языка.				ПК-3.В.1 ПК-5.3.1 ПК-5.У.1
19	Алгоритм _____ является одним из первых, который нашёл применение в системах нечёткого вывода. Он был предложен в 1975 г. английским математиком _____ в качестве метода для управления паровым двигателем.				ПК-3.В.1 ПК-5.3.1 ПК-5.У.1
20	Модель нечёткого вывода _____ приобрела наибольшую популярность среди адаптивных нечётких систем. База знаний при нечётком логическом выводе _____ аналогична базе знаний _____ за исключением заключений правил, которые задаются не нечёткими термами, а представляются в форме некоторой чёткой функциональной зависимости от входных аргументов				ПК-3.В.1 ПК-5.3.1 ПК-5.У.1
21	_____ – (адаптивная сеть нечеткого вывода) – один из первых вариантов гибридных нейро-нечетких сетей. Это пятислойная нейронная сеть прямого распространения сигнала особого типа, в которой реализуется система нечеткого вывода Сугено. Архитектура _____ изоморфна нечеткой базе знаний.				ПК-3.В.1 ПК-5.3.1 ПК-5.У.1
22	В чём состоит суть нечёткого управления. Раскройте структуру модуля нечёткого управления.				ПК-3.В.1 ПК-5.3.1 ПК-5.У.1

Примечание: СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ.

1-й тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2-й тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3-й тип. Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца).

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

4-й тип. Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5-й тип. Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте.

Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла.

Если допущена одна ошибка\неточность\ответ правильный, но не полный – 1 балл.

Если допущено более 1 ошибки\ответ неправильный\ответ отсутствует – 0 баллов.

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

Лекция состоит из трёх основных частей: вступительной, основной и заключительной.

Вступительная часть определяет название темы, план и цель лекции. Она призвана заинтересовать и настроить аудиторию. В этой части лекции излагается актуальность, основная идея, связь данной лекции с предыдущими занятиями, ее основные вопросы. Введение должно быть кратким и целенаправленным.

В основной части лекции реализуется научное содержание темы, все главные узловые вопросы, проводится вся система доказательств с использованием наиболее целесообразных методических приёмов. Каждый учебный вопрос заканчивается краткими выводами, логически подводящими студентов к следующему вопросу лекции.

Заключительная часть имеет целью обобщать в кратких формулировках основные идеи лекции, логически завершая её как целостное творение.

Отдельные виды лекций могут иметь свои особенности как по содержанию, так и по структуре.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах
Учебным планом не предусмотрено.

11.3. 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 обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся 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.

Требования к проведению практических занятий

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

Вводная часть обеспечивает подготовку студентов к выполнению заданий. 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 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;
- пробное выполнение заданий под руководством преподавателя;
- указания по самоконтролю результатов выполнения заданий студентами.

Основная часть предполагает самостоятельное выполнение заданий студентами.

Может сопровождаться:

- дополнительными разъяснениями учебного материала;
- устранением трудностей при выполнении заданий;
- текущим контролем и оценкой результатов выполнения заданий;
- 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 заданий следующего занятия, в частности, о подлежащей изучению учебной литературе.

Вводная и заключительная части практического занятия проводятся фронтально.

Основная часть выполняется каждым студентом индивидуально.

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

Учебным планом не предусмотрено.

11.5. Методические указания для обучающихся по выполнению курсового проекта/ курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено.

11.6. 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.

В процессе выполнения самостоятельной работы у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет ему 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).

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль включает в себя:

- контроль посещаемости;
- устный опрос по материалам лекций;
- устный опрос по практическим занятиям.
- письменный опрос по вопросам практического занятия
- письменной выполнение заданий лабораторных работ с защитой отчетов;
- письменный опрос в форме тестирования

Контроль качества знаний проводится в форме индивидуального собеседования по материалу отдельных разделов дисциплины, а также проверки отчётов о выполнении практических заданий, загруженных студентом в ЭИОС ГУАП.

Результаты текущего контроля могут учитываться при проведении промежуточной аттестации.

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она проводится в форме экзамена.

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».

Экзамен может быть организован в двух форматах – устный/ письменный (по вопросам) или в виде компьютеризированного тестирования в системе дистанционного обучения ГУАП (СДО ГУАП).

При проведении промежуточной аттестации могут учитываться результаты текущего контроля успеваемости.

В случае, если студент по уважительной причине не выполнил требования текущего контроля, ему предоставляется возможность сдать задолженности по пропущенным темам.

Форма проведения промежуточной аттестации – письменная.

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