

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

ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.

(должность, уч. степень, звание)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«08» апреля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Нечеткие регуляторы в робототехнических системах»  
(Наименование дисциплины)

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

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

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


  
(подпись, дата)

С.А. Сериков  
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32  
«08» апреля 2024 г., протокол №8

Заведующий кафедрой № 32


к.т.н., доц.  
(уч. степень, звание)

  
(подпись, дата)

С.В. Солёный  
(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 15.04.06(01)


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

  
(подпись, дата)

О.Я. Солёная  
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

ст.преп.  
(должность, уч. степень, звание)

  
(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 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» направленности «Компьютерные технологии управления в мехатронике и робототехнике». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-4 «Способен разрабатывать структуру управления манипуляторов и роботов»

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.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 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-4 Способен разрабатывать структуру управления манипуляторов и роботов	ПК-4.3.1 знает принципы работы, технические характеристики манипуляторов и роботов ПК-4.У.1 умеет разрабатывать манипуляторы роботов и их мехатронное обеспечение

## 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
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	5/ 180	5/ 180
<b>Из них часов практической подготовки</b>	34	34
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	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
<b>Самостоятельная работа</b> , всего (час)	93	93
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

#### 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 (час)	СРС (час)
<b>Семестр 2</b>					
Раздел 1. Введение в нечеткое моделирование.	1	2			10
Раздел 2. Нечёткие множества	2	4			10
Раздел 3. Нечёткие отношения	2	4			10
Раздел 4. Системы нечёткого вывода	4	8			20
Раздел 5. Гибридные нейронные сети	4	8			20
Раздел 6. Системы нечёткого управления	4	8			23
Итого в семестре:	17	34			93
Итого	17	34	0	0	93

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
<b>1</b>	Введение в нечеткое моделирование. Понятие о математической логике. Классическая логика высказываний. Логика предикатов. Продукционные системы. Понятие о нечёткой логике. Нечёткость и вероятность.
<b>2</b>	Нечёткие множества. 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. $\alpha$ -уровневый принцип обобщения. Правила выполнения

	арифметических операций для нечётких чисел.
3	Нечёткие отношения. Основные характеристики нечётких отношений. Основные свойства нечётких отношений. Операции над нечёткими отношениями.
4	Системы нечёткого вывода. Лингвистическая переменная. Нечёткая импликация. Нечёткий логический вывод. Основные этапы нечёткого вывода. Формирование нечёткой базы знаний системы нечёткого вывода. Фаззификация входных переменных. Агрегирование подусловий в нечётких правилах продукций. Активизация заключений в нечётких правилах продукций. Аккумуляирование заключений нечётких правил продукций. Дефаззификация выходных переменных. Основные алгоритмы нечёткого вывода. Алгоритм Мамдани. Алгоритм Сугено.
5	Гибридные нейронные сети. Гибридная нейронная сеть ANFIS. Нечёткая нейронная сеть Ванга-Менделя. Иерархические системы нечёткого вывода.
6	Системы нечёткого управления. Интеллектуальные системы управления с экспертно-нейросетевым регулятором. Самообучающаяся система управления на основе нейронных сетей.

#### 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	4
3	Разработка нечёткой экспертной системы с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox в интерактивном режиме	Групповые занятия, виртуальное моделирование	4	4	4
4	Разработка	Групповые занятия,	4	4	4-6

	нечёткой системы регулирования уровня жидкости в резервуаре	виртуальное моделирование			
5	Разработка нечёткой системы управления тележкой мостового крана	Групповые занятия, виртуальное моделирование	4	4	4-6
6	Разработка систем нечёткого вывода в режиме командной строки с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox	Групповые занятия, виртуальное моделирование	8	8	4-6
7	Адаптация системы нечёткого вывода Мамдани с использованием средств нелинейной оптимизации пакета Optimization Toolbox	Групповые занятия, виртуальное моделирование	8	8	4-6
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. Курсовое проектирование/ выполнение 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)	63	63
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)	10	10
Всего:	93	93

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

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)
УДК 517.11+519.92 ББК 22.18 П23	Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат; пер. с англ. — 4-е изд., электрон. — М.: Лаборатория знаний, 2020. — 801 с.	
УДК 517.11	Демидова Г.Л., Лукичев Д.В. Регуляторы на основе нечеткой логики в системах управления техническими объектами – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 81 с. <a href="https://books.ifmo.ru/file/pdf/2231.pdf">https://books.ifmo.ru/file/pdf/2231.pdf</a>	
УДК 004(07) ББК 32.81я73 Р 931	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. – Режим доступа: <a href="http://lib.volpi.ru">http://lib.volpi.ru</a> . – Загл. с титул. экрана.	
УДК 681.322 ББК 30.17	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.	
УДК 681.3.06 ББК 22.18	Штовба С.Д. Проектирование нечётких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. – М.: «Горячая линия – Телеком», 2007. – 288 с	
УДК 681.3.068 ББК 32.973.26-018.2 Л47	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
www.guap.ru	Библиотека ГУАП

## 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	MatLab, Fuzzy Logic Toolbox

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
	Не предусмотрено

## 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	БМ. 21-21
2	Компьютерный класс	БМ. 31-04

## 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; Примерный перечень вопросов для тестов.

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	Характеристика сформированных компетенций
--------------------	---

5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

### 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	<p>1.1. Поясните понятия: «искусственный интеллект», «интеллектуальная задача».</p> <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. <math>\alpha</math>-сечение нечёткого множества.</p>	<p>ПК-4.3.1</p> <p>ПК-4.У.1</p>

2	<p>2.1. Поясните понятия: «нечёткие множества <math>\tilde{A}</math> и <math>\tilde{B}</math> равны», «<math>\tilde{A}</math> является нечётким подмножеством <math>\tilde{B}</math>», «<math>\tilde{B}</math> доминирует <math>\tilde{A}</math>», «<math>\tilde{A}</math> содержится в <math>\tilde{B}</math>», «<math>\tilde{B}</math> строго доминирует <math>\tilde{A}</math>», «<math>\tilde{A}</math> строго содержится в <math>\tilde{B}</math>».</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 <math>\tilde{A}</math> и <math>\tilde{B}</math>.</p> <p>2.4. Объединение (логическая сумма), алгебраическое объединение (вероятностное объединение), граничное объединение (объединение по Лукасевичу) нечётких множеств <math>\tilde{A}</math> и <math>\tilde{B}</math></p>	ПК-4.3.1 ПК-4.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. <math>\alpha</math>-уровневый принцип обобщения. Правила выполнения арифметических операций для нечётких чисел</p>	ПК-4.3.1 ПК-4.У.1
4	<p>4.1. Нечёткие отношения. Способы задания нечётких отношений.</p> <p>4.2. Основные характеристики нечётких отношений: носитель, мода, <math>\alpha</math>-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)-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>	ПК-4.3.1 ПК-4.У.1
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</p>	ПК-4.3.1 ПК-4.У.1

	и правого модальных значений 5.9. Алгоритм нечёткого вывода Мамдани. Особенности. Область применения. 5.10. Алгоритм нечёткого вывода Сугено. Особенности. Область применения.	
6	6.1. Процесс нечёткого моделирования в вычислительной среде MatLab. Пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox. Интерактивный командный режимы работы 6.2. Графические средства (GUI-модули), входящие в состав пакета Fuzzy Logic Toolbox. Состав, назначение, возможности, особенности использования. 6.3. Поясните назначение и особенности использования команд пакета Fuzzy Logic Toolbox: fismat=readfis('filename'); getfis(fis); showfis(fis); output=evalfis(input, fismat); fuzzy('fismat'); fuzzy(fismat); fuzzy.	ПК-4.3.1 ПК-4.У.1

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 курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

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

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения 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
1	1.1. Поясните понятия: «искусственный интеллект», «интеллектуальная задача». 1.2. Нечёткое множество, его отличие от обычного (чёткого) множества. 1.3. Характеристическая функция принадлежности нечёткого множества. 1.4. Способы записи (представления) нечётких множеств; 1.5. Высота нечёткого множества. Нормальное, субнормальное нечёткие множества. Нормализация непустого субнормального нечёткого множества. 1.6. Унимодальное нечёткое множество. Носитель нечёткого множества. Ядро нечёткого множества. 1.7. Точки перехода нечёткого множества. $\alpha$ -сечение нечёткого множества.	ПК-4.3.1 ПК-4.У.1
2	2.1. Поясните понятия: «нечёткие множества $\tilde{A}$ и $\tilde{B}$ равны», « $\tilde{A}$ является нечётким подмножеством $\tilde{B}$ », « $\tilde{B}$ доминирует $\tilde{A}$ », « $\tilde{A}$	ПК-4.3.1 ПК-4.У.1

	<p>содержится в <math>\tilde{B}</math>», «<math>\tilde{B}</math> строго доминирует <math>\tilde{A}</math>», «<math>\tilde{A}</math> строго содержится в <math>\tilde{B}</math>».</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 <math>\tilde{A}</math> и <math>\tilde{B}</math>.</p> <p>2.4. Объединение (логическая сумма), алгебраическое объединение (вероятностное объединение), граничное объединение (объединение по Лукасевичу) нечётких множеств <math>\tilde{A}</math> и <math>\tilde{B}</math></p>	
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. <math>\alpha</math>-уровневый принцип обобщения. Правила выполнения арифметических операций для нечётких чисел</p>	<p>ПК-4.3.1</p> <p>ПК-4.У.1</p>
4	<p>4.1. Нечёткие отношения. Способы задания нечётких отношений.</p> <p>4.2. Основные характеристики нечётких отношений: носитель, мода, <math>\alpha</math>-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)-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>	<p>ПК-4.3.1</p> <p>ПК-4.У.1</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>ПК-4.3.1</p> <p>ПК-4.У.1</p>

	5.10. Алгоритм нечёткого вывода Сугено. Особенности. Область применения.	
6	6.1. Процесс нечёткого моделирования в вычислительной среде MatLab. Пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox. Интерактивный командный режимы работы 6.2. Графические средства (GUI-модули), входящие в состав пакета Fuzzy Logic Toolbox. Состав, назначение, возможности, особенности использования. 6.3. Поясните назначение и особенности использования команд пакета Fuzzy Logic Toolbox: fismat=readfis('filename'); getfis(fis); showfis(fis); output=evalfis(input, fismat); fuzzy('fismat'); fuzzy(fismat); fuzzy.	ПК-4.3.1 ПК-4.У.1

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 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.

### 11.3. 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 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.

### 11.4. 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.

Контроль качества знаний проводится в форме индивидуального собеседования по материалу отдельных разделов дисциплины, а также проверки отчетов о выполнении индивидуальных заданий.

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



Результаты текущего контроля могут учитываться при проведении промежуточной аттестации.

11.5. 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».

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