

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Российский государственный гуманитарный университет»**

**(ФГБОУ ВО «РГГУ»)**

ОТДЕЛЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ В ГУМАНИТАРНОЙ СФЕРЕ

Кафедра математики, логики и интеллектуальных систем в гуманитарной сфере

### **НЕЧЕТКИЕ МНОЖЕСТВА**

45.03.04 Интеллектуальные системы в гуманитарной сфере

Разработка и программирование интеллектуальных систем

Уровень квалификации выпускника: бакалавр

Форма обучения очная

РПД адаптирована для лиц

с ограниченными возможностями

здоровья и инвалидов

Москва 2022

Нечеткие множества

Рабочая программа дисциплины

Составитель:

доктор физико-математических наук, профессор

О.М. Аншаков

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания кафедры МЛИИС

№ 5 от 24.03.2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Пояснительная записка.....	4
1.1. Цель и задачи дисциплины.....	4
1.2. Формируемые компетенции, соотнесённые с планируемыми результатами обучения по дисциплине:.....	4
1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
2. Структура дисциплины.....	5
3. Содержание дисциплины.....	6
4. Образовательные технологии.....	6
5. Оценка планируемых результатов обучения.....	8
5.1. Система оценивания.....	8
5.2. Критерии выставления оценки по дисциплине.....	8
5.3. Оценочные средства (материалы) для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	10
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	18
6.1. Список источников и литературы.....	18
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».....	18
6.3. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы.....	18
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	18
8. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов.....	19
9. Методические материалы.....	20
9.1 Планы семинарских занятий.....	20
9.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	22
<b>Приложения</b> .....	24
<i>Приложение 1</i> .....	24
<i>Приложение 2</i> .....	25

## 1. Пояснительная записка

### 1.1. Цель и задачи дисциплины

Цель дисциплины — ознакомление студентов с основами теории нечетких множеств и нечеткой логики и возможными приложениями систем нечеткого вывода.

Задачи дисциплины:

- формирование у студентов системы понятий, необходимых для дальнейшего углубленного изучения нечеткой логики и ее приложений,
- ознакомление студентов с принципами работы систем нечеткого вывода и нечеткого управления,
- ознакомление студентов со стандартами на термины и определения для систем нечеткого вывода,
- ознакомление студентов с метаматематикой нечеткой логики,
- ознакомление студентов с инструментальными средствами для создания систем нечеткого вывода.

### 1.2. Формируемые компетенции, соотнесённые с планируемыми результатами обучения по дисциплине:

Компетенция (код и наименование)	Индикаторы компетенций (код и наименование)	Результаты обучения
ПК-1 Способен разрабатывать алгоритмы обработки информации с использованием современных математических методов	ПК-1.1. Знает теоретические основы построения алгоритмов обработки информации.  ПК-1.2. Умеет описывать алгоритмы обработки информации с использованием современных математических методов.  ПК-1.3. Имеет практический опыт разработки алгоритмов обработки информации с использованием современных математических методов	Знать: <ul style="list-style-type: none"><li>— определения основных операций над нечеткими множествами,</li><li>— аксиомы t-норм и s-норм, основные результаты о t-нормах и s-нормах,</li><li>— структуру и основной алгоритм работы системы нечеткого вывода;</li><li>— структуру и механизм функционирования настраиваемой системы нечеткого вывода.</li></ul> Уметь: <ul style="list-style-type: none"><li>— формировать и настраивать модель системы нечеткого вывода (FIS);</li><li>— реализовывать несложную систему нечеткого вывода с помощью одного из универсальных языков программирования (C++, Java и т.п.).</li></ul> Владеть: <ul style="list-style-type: none"><li>— навыками работы с документацией на английском языке;</li><li>— навыками разработки и применения систем нечеткого вывода.</li></ul>

### 1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Нечеткие множества» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока дисциплин Б1 учебного плана.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения и владения, сформированные в ходе изучения следующих дисциплин и прохождения практик: алгебра, теория вероятностей и статистика, вычислительная математика, интеллектуальный анализ данных и машинное обучение, интеллектуальные системы.

В результате освоения дисциплины формируются знания, умения и владения, необходимые для изучения следующих дисциплин и прохождения практик: введение в робототехнику, преддипломная практика.

## 2. Структура дисциплины

### Структура дисциплины для очной формы обучения

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем 42 ч., промежуточная аттестация 18 ч., самостоятельная работа обучающихся 48 ч.

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы (в часах)					Промежуточная аттестация	Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации <i>(по семестрам)</i>
			Контактная							
			Лекции	Семинар	Практические занятия	Лабораторные занятия				
1	Нечеткие множества и нечеткие логические операции	7	4	10				16	Устный опрос Домашнее задание	
2	Системы нечеткого вывода	7	4	10				16	Устный опрос Домашнее задание	
3	Нечеткие логические исчисления	7	2	12				22	Устный опрос Домашнее задание Письменная контрольная работа	
	Экзамен	7					18		экзамен по билетам	
	итого:		10	32			18	48		

### 3. Содержание дисциплины

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1	Нечеткие множества и нечеткие логические операции	В данном разделе студенты знакомятся с основными понятиями теории нечетких множеств и нечеткой логики: универсум, нечеткое множество, функция принадлежности, альфа-срез и т.п. Формулируются аксиомы t-нормы и s-нормы. Рассматриваются примеры t-норм и s-норм. Доказываются некоторые утверждения о t-нормах и s-нормах. Вводятся понятия нечеткого числа и нечеткого отношения.
2	Системы нечеткого вывода	В этом разделе рассматривается структура и основной алгоритм работы системы нечеткого вывода. Рассматриваются различные методы дефазификации (центроидный, первого, последнего и среднего максимума) и разновидности систем нечеткого вывода (Мамдани, Цукамото, Ларсен, Сугено). Приводятся примеры систем нечеткого вывода. Описывается настраиваемая система нечеткого вывода.
3	Нечеткие логические исчисления	В этом разделе дается представление о нечеткой логике в узком смысле. Дается обзор нечетких логических исчислений П.Гаека.

### 4. Образовательные технологии

№ п/п	Наименование раздела	Виды учебной работы	Информационные и образовательные технологии
1	2	3	5
1	Нечеткие множества и нечеткие логические операции	Лекция 1. Семинар 1. Лекция 2  Семинар 2  Семинар 3  Семинар 4  Семинар 5 Самостоятельная работа	Вводная лекция-беседа. Семинар-обсуждение. Теоретическая лекция.  Семинар-обсуждение. Практикум по решению задач.  Семинар-обсуждение. Практикум по решению задач.  Семинар-обсуждение. Практикум по решению задач.  Семинар-обсуждение. Практикум по решению задач.  Семинар-обсуждение. Практикум по решению задач. Работа с электронным конспектом и интернет-ресурсами. Консультирование посредством электронной почты
2	Системы нечеткого вывода	Лекция 3  Семинар 6 Семинар 7 Лекция 4  Семинар 8  Семинар 9	Проблемная лекция.  Семинар-обсуждение. Практикум по решению задач. Практическое занятие. Теоретическая лекция.  Семинар-обсуждение. Практикум по решению задач. Семинар-обсуждение. Практикум по решению задач. Семинар-обсуждение. Практикум по решению задач. Работа с электронным конспектом, электронным задачиком и интернет-

		Семинар 10	ресурсами. Консультирование и приём домашних заданий посредством электронной почты
		Самостоятельная работа	
3	Нечеткие логические исчисления	Лекция 5	Теоретическая лекция.
		Семинар 11	Семинар-обсуждение. Практикум по решению задач.
			Семинар-обсуждение. Практикум по решению задач.
		Семинар 12	Семинар-обсуждение. Практикум по решению задач.
		Семинар 13	Семинар-обсуждение. Практикум по решению задач.
		Семинар 14	Практическое занятие. Работа с электронным конспектом, электронным задачником и интернет-ресурсами. Консультирование и приём домашних заданий посредством электронной почты
		Семинар 15	
		Семинар 16	
		Самостоятельная работа	

В период временного приостановления посещения обучающимися помещений и территории РГТУ. для организации учебного процесса с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий могут быть использованы следующие образовательные технологии:

- видео-лекции;
- онлайн-лекции в режиме реального времени;
- электронные учебники, учебные пособия, научные издания в электронном виде и доступ к иным электронным образовательным ресурсам;
- системы для электронного тестирования;
- консультации с использованием телекоммуникационных средств.

## 5. Оценка планируемых результатов обучения

### 5.1. Система оценивания

Форма контроля	Макс. количество баллов	
	За одну работу	Всего
Текущий контроль:		
● опрос	5 баллов	20 баллов
● дом. задание	5 баллов	20 баллов
● контр. работа	20 баллов	20 баллов
Промежуточная аттестация (зачет)		40 баллов
Итого за семестр (дисциплину)		100 баллов

Полученный совокупный результат конвертируется в традиционную шкалу оценок и в шкалу оценок Европейской системы переноса и накопления кредитов (European Credit Transfer System; далее – ECTS) в соответствии с таблицей:

100-балльная шкала	Традиционная шкала		Шкала ECTS
95 – 100	отлично	зачтено	A
83 – 94			B
68 – 82	хорошо		C

56 – 67	удовлетворительно		D
50 – 55			E
20 – 49	неудовлетворительно	не зачтено	FX
0 – 19			F

## 5.2. Критерии выставления оценки по дисциплине

Баллы/ Шкала ECTS	Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
100-83/ A,B	«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	<p>Выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил теоретический и практический материал, может продемонстрировать это на занятиях и в ходе промежуточной аттестации.</p> <p>Обучающийся исчерпывающе и логически стройно излагает учебный материал, умеет увязывать теорию с практикой, справляется с решением задач профессиональной направленности высокого уровня сложности, правильно обосновывает принятые решения. Свободно ориентируется в учебной и профессиональной литературе.</p> <p>Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации.</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «высокий».</p>
82-68/ C	«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	<p>Выставляется обучающемуся, если он знает теоретический и практический материал, грамотно и по существу излагает его на занятиях и в ходе промежуточной аттестации, не допуская существенных неточностей.</p> <p>Обучающийся правильно применяет теоретические положения при решении практических задач профессиональной направленности разного уровня сложности, владеет необходимыми для этого навыками и приёмами.</p> <p>Достаточно хорошо ориентируется в учебной и профессиональной литературе.</p> <p>Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации.</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «хороший».</p>
67-50/ D,E	«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	<p>Выставляется обучающемуся, если он знает на базовом уровне теоретический и практический материал, допускает отдельные ошибки при его изложении на занятиях и в ходе промежуточной аттестации.</p> <p>Обучающийся испытывает определённые затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, владеет необходимыми для этого базовыми навыками и приёмами.</p> <p>Демонстрирует достаточный уровень знания учебной литературы по дисциплине.</p> <p>Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации.</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «достаточный».</p>
49-0/ F,FX	«неудовлетворительно»/ не зачтено	<p>Выставляется обучающемуся, если он не знает на базовом уровне теоретический и практический материал, допускает грубые ошибки при его изложении на занятиях и в ходе промежуточной аттестации.</p> <p>Обучающийся испытывает серьёзные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, не владеет необходимыми для этого навыками и приёмами.</p> <p>Демонстрирует фрагментарные знания учебной литературы по дисциплине.</p> <p>Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации.</p> <p>Компетенции на уровне «достаточный», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</p>

### 5.3. Оценочные средства (материалы) для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

5.3.1.

Образцы заданий для самостоятельного выполнения

Разработать систему нечеткого вывода решающую следующую задачу:

1. Вычисление цены квартиры.
2. Вычисление цены аренды квартиры.
3. Вычисление цены подержанного автомобиля.
4. Вычисление оценки студента по результатам теста.
5. Вычисление оценки (в баллах) состояния больного.
6. Вычисление оценки (в баллах) уровня обслуживания в предприятии общественного питания.
7. Вычисление оценки (в баллах) уровня комфорта гостиничного номера.
8. Определение места в конкурсе художественных работ.
9. Вычисление степени соответствия товара ожиданиям покупателя.
10. Оценка степени физической подготовки посетителя фитнес-центра.

5.3.2. Образцы заданий для контрольных работ

**Тест**

(Все вопросы допускают выбор нескольких вариантов правильных ответов)

- 1) Универсум (домен) нечеткого множества
  1. Множество, в которое включается нечеткое множество
  2. Нечеткое множество такое, что все нечеткие множества, рассматриваемые в некотором контексте, включаются в него
  3. Обычное (четкое) непустое множество такое, что все нечеткие множества, рассматриваемые в рамках решения некоторой задачи, неформально можно считать нечеткими подмножествами данного множества
  4. Общая область определения различных функций принадлежности нечетких множеств, рассматриваемых в рамках решения некоторой задачи
  5. Обычное (четкое) множество, включающее все те и только те элементы, которые заведомо принадлежат соответствующему нечеткому множеству
  6. Обычное (четкое) множество, включающее все элементы кроме тех, которые заведомо не принадлежат соответствующему нечеткому множеству
- 2) Функция принадлежности нечеткого множества
  1. Функция, определенная на домене нечеткого множества и принимающая только значения 0 и 1 (1, если элемент заведомо принадлежит нечеткому множеству и 0 в противном случае).
  2. Функция, определенная на домене нечеткого множества принимающая только значения 0 и 1 (0, если элемент заведомо не принадлежит нечеткому множеству и 1 в противном случае).
  3. Функция, определенная на нечетком множестве и принимающая значения во множестве  $\{0, 1\}$ .
  4. Функция, определенная на нечетком множестве и принимающая значения на отрезке  $[0, 1]$ .
  5. Функция, определенная на домене нечеткого множества и принимающая значения на отрезке  $[0, 1]$ .
  6. Функция, определенная на домене нечеткого множества и принимающая значения во множестве  $\{0, 1\}$ .
- 3) Значения функции принадлежности:
  1. Принадлежат множеству  $\{0, 1\}$ .
  2. Принадлежат отрезку  $[0, 1]$ .
  3. Принадлежат нечеткому множеству.
  4. Интерпретируются как степени принадлежности элемента универсума нечеткому множеству.
  5. Интерпретируются как вероятности принадлежности элемента универсума нечеткому множеству.
  6. Интерпретируются как вероятности принадлежности элемента нечеткому множеству при условии его принадлежности универсуму нечеткого множества.
- 4) Нечеткое множество
  1. Абстрактный объект, свойства которого полностью определяются функцией принадлежности.

2. Абстракция, описывающая ситуацию, когда каждому элементу некоторого универсума поставлена в соответствие вероятность попадания этого элемента в нечеткое множество.
  3. Формализация такой ситуации, когда для некоторых элементов универсума нельзя определенно сказать, принадлежат они этому множеству или нет.
  4. Совокупность обычных (четких) подмножеств некоторого универсума, каждое из которых мы будем интерпретировать как состояние нечеткого множества.
  5. Абстракция, описывающая ситуацию, когда каждому элементу некоторого универсума поставлено в соответствие число из отрезка  $[0, 1]$ , которое мы называем степенью принадлежности нечеткого множеству.
  6. Индексированное семейство обычных (четких) множеств, каждое из которых интерпретируется как возможная реализация нечеткого множества, а индексы интерпретируются как возможные миры.
- 5) Объединение двух нечетких множеств нельзя определить, если:
1. Функция принадлежности одного из этих множеств никогда не принимает значения 1.
  2. Функции принадлежности обоих множеств никогда не принимают значения 1.
  3. Эти множества имеют разные универсумы.
  4. Функции принадлежности одного из этих множеств не является непрерывной.
  5. Функции принадлежности обоих множеств не являются непрерывными.
  6. Эти множества имеют один и тот же универсум.
- 6) Объединение двух нечетких множеств:
1. Нечеткое множество, функция принадлежности которого определяется как максимум функций принадлежности объединяемых нечетких множеств.
  2. Нечеткое множество, функция принадлежности которого определяется как минимум функций принадлежности объединяемых нечетких множеств.
  3. Нечеткое множество, функция принадлежности которого определяется как сумма функций принадлежности объединяемых нечетких множеств.
  4. Нечеткое множество, функция принадлежности которого определяется как абсолютная величина разности функций принадлежности объединяемых нечетких множеств.
  5. Нечеткое множество, функция принадлежности которого определяется как произведение функций принадлежности объединяемых нечетких множеств.
  6. Нечеткое множество, функция принадлежности которого определяется как максимум 0 и уменьшенной на 1 суммы функций принадлежности объединяемых нечетких множеств.
- 7) Пересечение двух нечетких множеств:
1. Нечеткое множество, функция принадлежности которого определяется как максимум функций принадлежности пересекаемых нечетких множеств.
  2. Нечеткое множество, функция принадлежности которого определяется как минимум функций принадлежности пересекаемых нечетких множеств.
  3. Нечеткое множество, функция принадлежности которого определяется как сумма функций принадлежности пересекаемых нечетких множеств.
  4. Нечеткое множество, функция принадлежности которого определяется как абсолютная величина разности функций принадлежности пересекаемых нечетких множеств.
  5. Нечеткое множество, функция принадлежности которого определяется как разность суммы и произведения функций принадлежности пересекаемых нечетких множеств.
  6. Нечеткое множество, функция принадлежности которого определяется как минимум 1 и суммы функций принадлежности пересекаемых нечетких множеств.
- 8) Функция принадлежности дополнения нечеткого множества вычисляется по формуле:
1.  $(x - 1)(x - 1)$
  2.  $1 - x$
  3.  $x - 1$
  4.  $2x - 1$

5.  $(1 - x)(1 - x)$

6.  $|1 - x|$

9) Говорят, что нечеткое множество  $A$  является подмножеством нечеткого множества  $B$ , если:

1. Домен нечеткого множества  $A$  является подмножеством домена нечеткого множества  $B$ .
2. Домен нечеткого множества  $B$  является подмножеством домена нечеткого множества  $A$ .
3. Домен нечеткого множества  $A$  равен домену нечеткого множества  $B$ , а функция принадлежности нечеткого множеству  $A$  мажорирует функцию принадлежности нечеткого множеству  $B$ .
4. Домен нечеткого множества  $A$  равен домену нечеткого множества  $B$ , а функция принадлежности нечеткого множеству  $B$  мажорирует функцию принадлежности нечеткого множеству  $A$ .
5. Домен нечеткого множества  $A$  является подмножеством домена нечеткого множества  $B$ , а функция принадлежности нечеткого множеству  $B$  мажорирует функцию принадлежности нечеткого множеству  $A$ .
6. Домен нечеткого множества  $B$  является подмножеством домена нечеткого множества  $A$ , а функция принадлежности нечеткого множеству  $A$  мажорирует функцию принадлежности нечеткого множеству  $B$ .

10) Альфа-срез нечеткого множества  $A$  – это:

1. Нечеткое множество (имеющее тот же домен, что и  $A$ ) функция принадлежности которого отличается от функции принадлежности  $A$  значениями только на тех элементах домена, на которых значение функции принадлежности  $A$  меньше альфа: на этих элементах значение функции принадлежности альфа-среза  $A$  равно 0.
2. Четкое множество, содержащее те и только те элементы домена нечеткого множества  $A$ , для каждого из которых значение функции принадлежности нечеткого множеству  $A$  больше альфа.
3. Четкое множество, содержащее те и только те элементы домена нечеткого множества  $A$ , для каждого из которых значение функции принадлежности нечеткого множеству  $A$  больше или равно альфа.
4. Нечеткое множество (имеющее тот же домен, что и  $A$ ) функция принадлежности которого отличается от функции принадлежности  $A$  значениями только на тех элементах домена, на которых значение функции принадлежности  $A$  больше альфа: на этих элементах значение функции принадлежности альфа-среза  $A$  равно 1.
5. Четкое множество, содержащее те и только те элементы домена нечеткого множества  $A$ , для каждого из которых значение функции принадлежности нечеткого множеству  $A$  меньше альфа.
6. Четкое множество, характеристическая функция которого получается из функции принадлежности множества  $A$  следующим образом: для каждого элемента домена нечеткого множества  $A$  значение характеристической функции альфа-среза равно 1, если значение функции принадлежности больше альфа, в противном случае значение характеристической функции равно 0.
7. Четкое множество, содержащее те и только те элементы домена нечеткого множества  $A$ , для каждого из которых значение функции принадлежности нечеткого множеству  $A$  меньше или равно альфа.
8. Четкое множество, характеристическая функция которого получается из функции принадлежности множества  $A$  следующим образом: для каждого элемента домена нечеткого множества  $A$  значение характеристической функции альфа-среза равно 1, если значение функции принадлежности больше или равно альфа, в противном случае значение характеристической функции равно 0.

11) Строгий альфа-срез нечеткого множества  $A$  – это:

1. Нечеткое множество (имеющее тот же домен, что и  $A$ ) функция принадлежности которого отличается от функции принадлежности  $A$  значениями только на тех элементах домена, на которых значение функции принадлежности  $A$  меньше альфа: на этих элементах значение функции принадлежности альфа-среза  $A$  равно 0.
2. Четкое множество, содержащее те и только те элементы домена нечеткого множества  $A$ , для каждого из которых значение функции принадлежности нечеткого множеству  $A$  больше альфа.
3. Четкое множество, содержащее те и только те элементы домена нечеткого множества  $A$ , для каждого из которых значение функции принадлежности нечеткого множеству  $A$  больше или равно альфа.

4. Нечеткое множество (имеющее тот же домен, что и  $A$ ) функция принадлежности которого отличается от функции принадлежности  $A$  значениями только на тех элементах домена, на которых значение функции принадлежности  $A$  больше альфа: на этих элементах значение функции принадлежности альфа-среза  $A$  равно 1.
5. Четкое множество, содержащее те и только те элементы домена нечеткого множества  $A$ , для каждого из которых значение функции принадлежности нечеткого множеству  $A$  меньше альфа.
6. Четкое множество, характеристическая функция которого получается из функции принадлежности множества  $A$  следующим образом: для каждого элемента домена нечеткого множества  $A$  значение характеристической функции альфа-среза равно 1, если значение функции принадлежности больше альфа, в противном случае значение характеристической функции равно 0.
7. Четкое множество, содержащее те и только те элементы домена нечеткого множества  $A$ , для каждого из которых значение функции принадлежности нечеткого множеству  $A$  меньше или равно альфа.
8. Четкое множество, характеристическая функция которого получается из функции принадлежности множества  $A$  следующим образом: для каждого элемента домена нечеткого множества  $A$  значение характеристической функции альфа-среза равно 1, если значение функции принадлежности больше или равно альфа, в противном случае значение характеристической функции равно 0.

12) Ядро нечеткого множества  $A$  – это:

1. Нечеткое множество, домен которого содержит все те и только те элементы домена нечеткого множества  $A$ , для которых значение функции принадлежности  $A$  равно 1.
2. Нечеткое множество, домен которого содержит все те и только те элементы домена нечеткого множества  $A$ , для которых значение функции принадлежности  $A$  не равно 0.
3. Четкое множество, которое содержит все те и только те элементы домена нечеткого множества  $A$ , для которых значение функции принадлежности  $A$  равно 1.
4. Четкое множество, которое содержит все те и только те элементы домена нечеткого множества  $A$ , для которых значение функции принадлежности  $A$  не равно 0.
5. 1-срез  $A$ .
6. Строгий 0-срез  $A$ .

13) Носитель нечеткого множества  $A$  – это:

1. Нечеткое множество, домен которого содержит все те и только те элементы домена нечеткого множества  $A$ , для которых значение функции принадлежности  $A$  равно 1.
2. Нечеткое множество, домен которого содержит все те и только те элементы домена нечеткого множества  $A$ , для которых значение функции принадлежности  $A$  не равно 0.
3. Четкое множество, которое содержит все те и только те элементы домена нечеткого множества  $A$ , для которых значение функции принадлежности  $A$  равно 1.
4. Четкое множество, которое содержит все те и только те элементы домена нечеткого множества  $A$ , для которых значение функции принадлежности  $A$  не равно 0.
5. 1-срез  $A$ .
6. Строгий 0-срез  $A$ .

14) Операции нечеткой логики определены:

1. На домене некоторого нечеткого множества.
2. На множестве вещественных чисел.
3. На множестве  $\{0, 1\}$ .
4. На интервале  $(0, 1)$ .
5. На отрезке  $[0, 1]$ .
6. На общем домене нескольких нечетких множеств.

15)  $t$ -норма в нечеткой логике соответствует:

1. конъюнкции
2. дизъюнкции
3. импликации
4. эквиваленции
5. отрицанию

16) s-норма в нечеткой логике соответствует:

1. конъюнкции
2. дизъюнкции
3. импликации
4. эквиваленции
5. отрицанию

17) Пусть \* – произвольная t-норма, тогда для любых  $x, y, z$  из области определения t-нормы \* справедливы следующие соотношения:

1.  $x * x = x$
2.  $x * y = y * x$
3.  $x * (y * z) = (x * y) * z$
4.  $x * 1 = x$
5.  $x * 1 = 1$
6.  $x * 0 = 0$
7.  $x * 0 = x$
8.  $x$  меньше или равно  $y$  влечет  $x * z$  меньше или равно  $y * z$
9.  $x$  меньше или равно  $y$  влечет  $x * z$  больше или равно  $y * z$

18) Пусть \* – произвольная s-норма, тогда для любых  $x, y, z$  из области определения s-нормы \* справедливы следующие соотношения:

1.  $x * x = x$
2.  $x * y = y * x$
3.  $x * (y * z) = (x * y) * z$
4.  $x * 1 = x$
5.  $x * 1 = 1$
6.  $x * 0 = 0$
7.  $x * 0 = x$
8.  $x$  меньше или равно  $y$  влечет  $x * z$  меньше или равно  $y * z$
9.  $x$  меньше или равно  $y$  влечет  $x * z$  больше или равно  $y * z$

19) Какой порядок выполнения основных этапов работы системы нечеткого вывода является правильным:

1. дефаззификация, фаззификация, нечеткий вывод, композиция
2. фаззификация, композиция, нечеткий вывод, дефаззификация
3. фаззификация, дефаззификация, композиция, нечеткий вывод
4. фаззификация, нечеткий вывод, композиция, дефаззификация
5. композиция, фаззификация, нечеткий вывод, дефаззификация
6. нечеткий вывод, фаззификация, композиция, дефаззификация

20) Частью какого основного этапа работы системы нечеткого вывода является агрегация

1. фаззификации
2. нечеткого вывода
3. дефаззификации
4. композиции

21) Частью какого основного этапа работы системы нечеткого вывода является активация

1. фаззификации
2. нечеткого вывода
3. дефаззификации
4. композиции

22) Частью какого основного этапа работы системы нечеткого вывода является аккумуляция

1. фаззификации
2. нечеткого вывода
3. дефаззификации
4. композиции

23) Частью какого основного этапа работы системы нечеткого вывода является сечение

1. фаззификации
2. нечеткого вывода
3. дефаззификации
4. композиции

24) Частью какого основного этапа работы системы нечеткого вывода является объединение

1. фаззификации
2. нечеткого вывода
3. дефаззификации
4. композиции

5.3.3 Список теоретических вопросов, выносимых на промежуточную и итоговую аттестацию

1. Нечеткие множества. Функция принадлежности. Типичные функции принадлежности для нечетких множеств над вещественными промежутками.
2. Основные понятия, связанные с нечеткими множествами (ядро, носитель, альфа-срез). Операции над нечеткими множествами.
3. Нечеткие числа и нечеткие отношения.
4. Нечеткие логики, t-нормы и s-нормы, нечеткое отрицание. Примеры t-норм и s-норм.
5. Простейшие свойства t-норм и s-норм.
6. Лингвистическая переменная. Лингвистические термы. Терм-множество лингвистической переменной. Лингвистические переменные и нечеткие множества.
7. Структура системы нечеткого вывода. Основные этапы работы системы нечеткого вывода. Области применения систем нечеткого вывода. Примеры систем нечеткого вывода.
8. Математическая модель системы нечеткого вывода.
9. Методы дефаззификации.

10. Разновидности систем нечеткого вывода (Мамдани, Цукамото, Ларсен, Сугено).
11. Объектная модель системы нечеткого вывода.
12. Формально-логический подход к изучению нечеткой логики.
13. Нечеткая импликация.
14. Решетки с делением. Алгебраическое описание нечетких логик.
15. Базовая нечеткая логика. Корректность и полнота.
16. Разновидности нечетких логик.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Список источников и литературы

#### а) Основная литература

1. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М: Горячая линия-Телеком, 2013.  
— Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=11843](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=11843)
2. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007.

#### б) Дополнительная литература

1. Hájek P. Metamathematics of Fuzzy Logic. Springer Science+Business Media Dordrecht. 1998.

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

<https://loginom.ru/blog/fuzzy-logic>

<https://exponenta.ru/fuzzy-logic-toolbox>

### 6.3. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование
1	Международные реферативные наукометрические БД, доступные в рамках национальной подписки в 2021 г. Web of Science Scopus
2	Профессиональные полнотекстовые БД, доступные в рамках национальной подписки в 2021 г. Журналы Cambridge University Press ProQuest Dissertation & Theses Global SAGE Journals Журналы Taylor and Francis
3	Профессиональные полнотекстовые БД JSTOR Издавания по общественным и гуманитарным наукам Электронная библиотека Grebennikon.ru
4	Компьютерные справочные правовые системы Консультант Плюс, Гарант

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Академическая аудитория с доской. Компьютеры с доступом к сети «Интернет», проектор.

### Перечень ПО

№ п/п	Наименование ПО	Производитель	Способ распространения ( <i>лицензионное или свободно распространяемое</i> )
1	Adobe Master Collection CS4	Adobe	лицензионное
2	ОС «Альт Образование» 8	ООО «Базальт СПО	лицензионное
3	Windows 10 Pro	Microsoft	лицензионное
4	Kaspersky Endpoint Security	Kaspersky	лицензионное
5	Microsoft Office 2016	Microsoft	лицензионное
6	Zoom	Zoom	лицензионное

## 8. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- для слепых и слабовидящих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
  - обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
  - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
  - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
  - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.
- для глухих и слабослышащих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
  - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
  - экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
  - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей.

Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- для слепых и слабовидящих:
  - в печатной форме увеличенным шрифтом;
  - в форме электронного документа;
  - в форме аудиофайла.
- для глухих и слабослышащих:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.
- для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа;

- в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения:

● для слепых и слабовидящих:

- устройством для сканирования и чтения с камерой SARA CE;

- дисплеем Брайля PAC Mate 20;

- принтером Брайля EmBraille ViewPlus;

● для глухих и слабослышащих:

- автоматизированным рабочим местом для людей с нарушением слуха и слабослышащих;

- акустический усилитель и колонки;

● для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- передвижными, регулируемые эргономическими партами СИ-1;

- компьютерной техникой со специальным программным обеспечением.

## 9. Методические материалы

### 9.1 Планы семинарских занятий

#### Тема 1. (12 ч.) Нечеткие множества и нечеткие логические операции.

*Цель занятий:* усвоить понятия, связанные с нечеткими множествами и операциями над ними.

*Форма проведения:* обсуждение, решение задач, опрос.

*Вопросы для обсуждения:*

Что такое функция принадлежности нечеткого множества? Как определяются операции над нечеткими множествами и отношение включения? Как можно определить нечеткие логические операции, соответствующие конъюнкции, дизъюнкции и отрицанию?

*Контрольные вопросы:*

1. Обычные (четкие) и нечеткие множества. Функция принадлежности.
2. Операции над нечеткими множествами. Включение нечетких множеств.
3. Нечеткие числа и нечеткие отношения.
4. Четкие множества, связанные с нечеткими.
5. Нечеткие логические операции.

*Список источников и литературы:*

1. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007 (с. 6–33).
2. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М: Горячая линия-Телеком, 2013 (с. 45–83)

*Материально-техническое обеспечение занятия:* доска, видеопроектор, ноутбук.

#### Тема 2. (12 ч.) Системы нечеткого вывода.

*Цель занятий:* усвоить понятия, связанные с работой системы нечеткого вывода, разновидностями систем нечеткого вывода и этапами ее работы, а также научиться самостоятельно реализовывать систему нечеткого вывода.

*Форма проведения:* обсуждение, выполнение индивидуальных заданий.

*Вопросы для обсуждения:*

Какие задачи решают системы нечеткого вывода? Из каких этапов состоит решение задачи с помощью системы нечеткого вывода? Что представляют собой правила нечеткого вывода и как они применяются? Что подается на вход и что получается на выходе системы нечеткого вывода?

*Контрольные вопросы:*

6. Лингвистическая переменная. Математическая модель системы нечеткого вывода.
7. Этапы работы системы нечеткого вывода.
8. Разновидности систем нечеткого вывода.
9. Методы дефазификации.
10. Правила нечеткого вывода, разработанные студентом для решения задачи из индивидуального задания.

*Список источников и литературы:*

1. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007 (с. 35–43).
2. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М: Горячая линия-Телеком, 2013 (с. 83–114).

*Материально-техническое обеспечение занятия:* компьютерный класс с медиа-проектором.

### Тема 3. (10 ч.) Нечеткие логические исчисления

*Цель занятий:* ознакомиться с нечеткими исчислениями и формальной семантикой нечетких логик, ознакомиться с системами нечеткого вывода – практической реализацией идей нечеткой логики.

*Форма проведения:* обсуждение, решение задач, опрос.

*Вопросы для обсуждения:*

Каковы свойства нечетких конъюнкции и дизъюнкции (t-нормы и s-нормы)? Какие классы алгебр используются для алгебраической семантики нечетких логик? Как может быть определена импликация в нечеткой логике?

*Контрольные вопросы:*

1. Нечеткие логические операции: t-нормы, s-нормы, нечеткое отрицание.
2. Операция импликации в нечеткой логике.
3. Аксиомы базовой логики.
4. Обобщение операций нечеткой логики. Решетки с делением, BL-алгебры. Корректность и полнота базовой логики.

*Список источников и литературы:*

1. Hájek P. Metamathematics of Fuzzy Logic. Springer Science + Business Media Dordrecht. 1998 (27–55).

*Материально-техническое обеспечение занятия:* доска, видеопроектор, ноутбук.

## 9.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Кол-во часов	Вопросы для изучения	Литература
<b>Нечеткие множества</b>			
Нечеткие множества и нечеткие логические операции	18	В данном разделе студенты знакомятся с основными понятиями теории нечетких множеств и нечеткой логики: универсум, нечеткое множество, функция принадлежности, альфа-срез и т.п. Формулируются аксиомы t-нормы и s-нормы. Рассматриваются примеры t-норм и s-норм. Доказываются некоторые утверждения о t-нормах и s-нормах. Вводятся понятия нечеткого числа и нечеткого отношения.	Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007 (с. 6–33).  Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М: Горячая линия-Телеком, 2013 (с. 45–83)
Системы нечеткого вывода	18	В этом разделе рассматривается структура и основной алгоритм работы системы нечеткого вывода. Рассматриваются различные методы дефазификации (центроидный, первого, последнего и среднего максимума) и разновидности систем нечеткого вывода (Мамдани, Цукамото, Ларсен, Сугено). Приводятся примеры систем нечеткого вывода. Описывается настраиваемая система нечеткого вывода.	Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007 (с. 35–43).  Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М: Горячая линия-Телеком, 2013 (с. 83–114).

Нечеткие логические исчисления	12	В этом разделе дается представление о нечеткой логике в узком смысле. Дается обзор нечетких логических исчислений П.Гаека.	Hájek P. Metamathematics of Fuzzy Logic. Springer Science + Business Media Dordrecht. 1998 (27–55).

### АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Нечеткие множества» реализуется на отделении интеллектуальных систем в гуманитарной сфере кафедрой математики, логики и интеллектуальных систем в гуманитарной сфере в 7-ом семестре.

Цель дисциплины - ознакомление студентов с основами теории нечетких множеств и нечеткой логики и возможными приложениями систем нечеткого вывода.

Задачи дисциплины

- формирование у студентов системы понятий, необходимых для дальнейшего углубленного изучения нечеткой логики и ее приложений,
- ознакомление студентов с принципами работы систем нечеткого вывода и нечеткого управления,
- ознакомление студентов со стандартами на термины и определения для систем нечеткого вывода,
- ознакомление студентов с метаматематикой нечеткой логики,
- ознакомление студентов с инструментальными средствами для создания систем нечеткого вывода.

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

ПК-14 – Способен разрабатывать алгоритмы обработки информации с использованием современных математических методов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*Знать:*

- определения основных операций над нечеткими множествами,
- аксиомы t-норм и s-норм, основные результаты о t-нормах и s-нормах,
- структуру и основной алгоритм работы системы нечеткого вывода;
- структуру и механизм функционирования настраиваемой системы нечеткого вывода.

*Уметь:*

- формировать и настраивать модель системы нечеткого вывода (FIS);
- реализовывать несложную систему нечеткого вывода с помощью одного из универсальных языков программирования (C++, Java и т.п.).

*Владеть:*

- навыками работы с документацией на английском языке;
- навыками разработки и применения систем нечеткого вывода.

По дисциплине предусмотрена промежуточная аттестация в форме зачёта.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

**ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ**