

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ЛГПУ»)

Институт физико-математического образования, информационных и  
обслуживающих технологий  
Кафедра фундаментальной математики

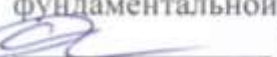
УТВЕРЖДАЮ


Врио директора Института физико-  
математического образования,  
информационных и обслуживающих  
технологий

« 17 »  Е.А. Журавлева  
2025 г.

Приложение к рабочей программе учебной дисциплины  
**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации  
обучающихся по дисциплине  
Теория нечетких множеств

По направлению подготовки	01.04.01 Математика
Магистерская программа	—
Квалификация выпускника	магистр
Форма обучения	очная
Курс	1 курс

Разработчик  
Доцент, Давыскиба О.В.  
Заведующий кафедрой  
фундаментальной математики  
 Темникова С.В.

Протокол  
от « 13 »  2025 г. № 7

Луганск 2025

# 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

## 1.1. Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – неотъемлемая часть рабочей программы дисциплины (модуля) «Теория нечетких множеств» и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений студентов, освоивших программу дисциплины (модуля).

## 1.2. Цели и задачи фонда оценочных средств

Цель ФОС – установить соответствие уровня подготовки обучающегося требованиям ФГОС ВО магистратура по направлению подготовки 01.04.01 Математика, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 января 2018 г. № 12 (с изменениями и дополнениями).

## 1.3. Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения основной образовательной программы

Процесс освоения дисциплины направлен на овладение следующими компетенциями:

Код по ФГОС ВО	Индикатор достижения
Общепрофессиональные	
ОПК-1 – способен формулировать и решать актуальные и значимые проблемы математики	ОПК-1.1. Понимает значение фундаментальных знаний в области математики для решения прикладных задач, умеет использовать их в своей научно-исследовательской деятельности. ОПК-1.2. Способен планировать и осуществлять свою научно-исследовательскую деятельность на основе отбора и использования перспективных направлений исследований в области фундаментальной математики и современных цифровых приложений.

## 1.4. Этапы формирования компетенций и средства оценивания уровня их сформированности

Этапы формирования компетенций	Компетенции	Контрольно-оценочные средства / способ оценивания
Тема 1. Нечеткие множества и операции над ними	ОПК-1	Устный опрос, Выполнение практических заданий
Тема 2. Нечеткие числа	ОПК-1	Устный опрос, Выполнение практических заданий
Тема 3. Нечеткие бинарные отношения и соответствия	ОПК-1	Устный опрос, Выполнение практических заданий
Тема 4. Лингвистическая переменная	ОПК-1	Устный опрос, Выполнение практических заданий
Тема 5. Нечеткие булевы переменные	ОПК-1	Устный опрос, Выполнение практических заданий
Промежуточная аттестация	ОПК-1	Зачет

### 1.5. Описание показателей формирования компетенций

Код компетенции	Результаты сформированности
ОПК-1. Способен формулировать и решать актуальные и значимые проблемы математики	<p><b>Знает:</b> основные положения и законы теории нечетких множеств; основные понятия, методы и приемы нечеткого анализа;</p> <p><b>Умеет:</b> решать типовые практические задачи;</p> <p><b>Владеет навыками:</b> умением читать и анализировать учебную литературу; способностью с помощью понятий нечеткого анализа интерпретировать и комментировать получаемую информацию.</p>
	<p><b>Знает:</b> классификацию математических моделей, принципы моделирования, основные этапы, технологии построения модели; приемы построения моделей реальных процессов методами нечеткого анализа;</p> <p><b>Умеет:</b> ориентироваться в справочной и научной литературе по нечеткому анализу; использовать знания фундаментальных основ, подходы и методы нечеткого анализа в обучении и профессиональной деятельности, в интегрировании имеющихся знаний, наращивании накопленных знаний;</p> <p><b>Владеет навыками:</b> методами теории нечетких множеств и моделирования при решении профессиональных задач;</p>

### 1.6. Критерии оценивания компетенций на разных этапах их формирования

Вид учебной работы	Количество баллов		
	ОФО	О-ЗФО	ЗФО
Устные ответы на семинарских занятиях			
Выполнение и защита практических/лабораторных работ	30		
Самостоятельная работа	20		
Иные виды учебной работы (подготовка презентации, написание реферата, решение зад и др.)			
Зачет	50		
<b>Всего за семестр</b>	<b>100</b>		

#### Накопительная система оценивания по 100-балльной шкале

Четырехбал- льная система оценивания экзамена	100- балльная шкала	Буквенная шкала, соответствующая 100- балльной шкале	Система оценивания зачета
Отлично	90–100	А – отлично – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному	

Хорошо	<b>83–89</b>	<b>В</b> – очень хорошо – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному	Зачтено
Хорошо	<b>75–82</b>	<b>С</b> – хорошо – теоретическое содержание курса освоено полностью; некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками	
Удовлетворительно	<b>63–74</b>	<b>Д</b> – удовлетворительно – теоретическое содержание дисциплины освоено частично, но пробелы не носят существенного характера; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы; большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, содержат ошибки	
Удовлетворительно	<b>50–62</b>	<b>Е</b> – посредственно – теоретическое содержание курса освоено частично; некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному	
Неудовлетворительно	<b>21–49</b>	<b>FX</b> – неудовлетворительно – теоретическое содержание курса освоено частично; необходимые практические навыки работы не сформированы; большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий	Не зачтено
Неудовлетворительно	<b>0–20</b>	<b>F</b> – неудовлетворительно – теоретическое содержание курса не освоено; необходимые практические навыки работы не сформированы; все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над	

		материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий	
--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------	--

## 2. КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

### 2.1. Оценочные средства текущего контроля

#### Вопросы для устного опроса:

1. Что называют носителем нечеткого множества?
2. Сформулируйте аксиомы меры нечеткости.
3. Дайте определение Т-нормы и Т-конормы.
4. Для чего введены эти понятия?
5. Дайте определение оператора нечеткости.
6. Для чего применяют этот оператор? Каковы границы его применимости?
7. Сформулируйте понятие нечеткого числа.
8. Что называют декомпозицией нечеткого отношения?
9. Дайте понятие составной лингвистической переменной.

#### Задания для проведения контрольной работы:

Аудиторная контрольная работа №1 проводится по материалу первого раздела курса «Теория нечетких множеств» и охватывает все темы. Рекомендуется следующая структура заданий:

#### Вариант 1

Пусть  $U$  – множество дисциплин, изучаемых в текущем семестре. Присвойте номер каждой дисциплине и, выступая в роли эксперта, запишите нечеткие множества:

$A$  – мне нравится эта дисциплина;

$B$  – я не понимаю эту дисциплину;

$C$  – мне не нравится эта дисциплина;

$D$  – я хотел бы изучать эту дисциплину глубже.

Представьте разложения каждого из нечетких множеств по множествам уровня.

#### Вариант 2

$U = R^+ \cup \{0\}$  – множество неотрицательных действительных чисел.

Заданы функции принадлежности нечетких множеств:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } 0 \leq x \leq 5; \\ 0, & \text{если } x > 5; \end{cases}$$

$$\mu_B(x) = \begin{cases} e^{-\frac{x-5}{5}}, & \text{если } 5 \leq x \leq 10; \\ 0, & \text{если } 0 \leq x < 5 \text{ или } x > 10; \end{cases}$$

$$\mu_C(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } 0 \leq x < a_2; \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & \text{если } a_1 \leq x \leq a_2; \\ 1, & \text{если } x > a_2; \end{cases}$$

$$\mu_D(x) = \frac{1}{1 + 2x^2}, \quad 0 \leq x < \infty$$

Для каждого нечеткого множества требуется:

- 1) построить график функции принадлежности;
- 2) записать разложение по множествам уровня;
- 3) записать приближенное дискретное разложение, разбив отрезок  $[0,1]$  на пять частей.

### Вариант 3

Пусть  $U$  – цены автомобилей,  $4 \leq u \leq 5000$  (усл. ед.).

- 1) выступая в роли эксперта, постройте графики функций принадлежности следующих нечетких множеств:

$A$  – цены автомобилей для среднего класса,

$B$  – цены автомобилей для богатых людей,

$C$  – цены автомобилей для небогатых людей;

- 2) для каждой кривой найдите подходящую формулу и запишите функции принадлежности аналитически (при выполнении задания воспользуйтесь табл. 1.1 и 1.2;

- 3) запишите разложение по множествам уровня каждого из нечетких множеств;

- 4) запишите приближенное дискретное разложение, разбив отрезок  $[0, 1]$  на десять равных частей.

### Вариант 4

Даны нечеткие множества:

$A = 0,4/5 + 0,7/6 + 1/7 + 0,8/8 + 0,6/9$  и

$B = 0,8/1 + S + 0,8/3 + 0,5/4$ .

Требуется:

- 1) записать множества  $CON(A)$ ,  $DIL(A)$ ,  $CON(B)$ ,  $DIL(B)$ ;
- 2) сделать два чертежа: на одном изобразить множества  $A$ ,  $CON(A)$ ,  $DIL(A)$ , на втором – множества  $B$ ,  $CON(B)$ ,  $DIL(B)$ .
- 3) вычислить индексы нечеткости по метрике Хемминга для всех шести множеств;
- 4) вычислить индексы нечеткости по евклидовой метрике для всех шести множеств;
- 5) сравнить степень нечеткости множества  $A$  со степенью нечеткости множеств  $CON(A)$ ,  $DIL(A)$ , а также множества  $B$  с множествами  $CON(B)$ ,  $DIL(B)$ .

### Вариант 5

$A$  – нечеткое множество, заданное на  $U = R^+ \cup \{0\}$ , с функцией принадлежности

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \sin\left(\frac{\pi}{2}(x-1)\right), & \text{если } x \leq 2; \\ 0, & \text{если } x > 2. \end{cases}$$

Требуется:

- 1) записать множества  $\text{CON}(A)$ ,  $\text{DIL}(A)$ ;
- 2) построить графики функций принадлежности множеств  $A$ ,  $\text{CON}(A)$ ,  $\text{DIL}(A)$ ;
- 3) вычислить индексы нечеткости по метрике Хемминга для всех трех множеств;
- 4) сравнить степень нечеткости множества  $A$  со степенью нечеткости множеств  $\text{CON}(A)$ ,  $\text{DIL}(A)$ .

### Контрольная работа №2

Контрольная работа №2 является домашней и проводится по материалу второго раздела курса «Теория нечетких множеств». Рекомендуется следующая структура заданий:

#### Вариант 1

Доказать, что нечеткие числа  $a$  и  $b$  являются числами  $(L-R)$ -типа, если

$$A = \int_{x \in [0,4]} \frac{x}{4} / x + \int_{x \in (4,6]} \frac{6-x}{2} / x; \quad B = \int_{x \in [3,5]} \frac{x-3}{2} / x + \int_{x \in (5,10]} \frac{10-x}{5} / x$$

Выполнить над  $a$  и  $b$  все арифметические операции и сравнить эти числа.

#### Вариант 2

Множество  $U = [-1, 1]$  является носителем нечеткого множества

$$A = \int_U \frac{4-x}{8} / u$$

Множество  $U$  отображается во множество  $V = [0,1]$ .

Применяя принцип обобщения, найдите образы следующих нечетких множеств:

- 1)  $A_1 = 1 - A^2$ ;
- 2)  $A_2 = 2^{|A|-1}$ ;

$$3) A_3 = \sin \frac{\pi|A|}{2}.$$

Постройте графики функций принадлежности множеств  $A_1, A_2, A_3$ .

### Вариант 3

Выступая в роли эксперта, оцените истинность и ложность следующего рекламного текста: «Здесь Вы можете приобрести товар по Вашему вкусу и очень недорого», если заказчики рекламы так оценивают достоверность ее высказываний:

$p$  = «Вы можете приобрести товар по вашему вкусу»  $\in [0,6; 0,8)$ ,

$q$  = «Вы можете приобрести товар очень недорого»  $\in [0,3; 0,9)$ .

### Вариант 4

Дано множество  $W = \{a_1, a_2, \dots, a_8\}$  и два его нечетких подмножества:

$X = \{x, \mu_1(x)\}$  и  $Y = \{y, \mu_2(y)\}$ ,  $x, y \in W$ :

	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$
$\mu_1(x)$	0	0	0	1	0	0	0	0
$,1$	,6	,9		,5	,8	,4	,5	
$\mu_2(y)$	0	0	1	0	0	0	0	0
$,7$	,5		,6	,4	,3		,2	

Требуется:

- 1) представить  $X$  и  $Y$  геометрически;
- 2) найти функции принадлежности и представить геометрически множества:

$\overline{XY}$ ,  $X \cup Y$ ,  $X \cap Y$ ,  $X \oplus Y$ ;

- 3) найти расстояние между множествами  $X$  и  $Y$ :

- абсолютное и относительное расстояние Хемминга,
- абсолютное и относительное Евклидово расстояния;

- 4) найти подмножества (обычные), ближайшие к  $X$  и  $Y$ . Вычислить индексы нечеткости  $X$  и  $Y$ .

### Вариант 5

Крупный московский автодилер торгует автомобилями популярной французской марки. Большую часть времени продажи автомашин колебались от 4 до 7 в неделю, в конце ноября и начале декабря была проведена рекламная акция общей стоимостью 30 тыс. долларов, в результате продажи автомашин выросли и составили около 16 автомобилей в неделю. Удельная прибыль от продажи каждого автомобиля составила 1,5 тыс. долл. Время действия акции 3 недели. Оценить эффективность проведенной рекламы.

**Практические задания:**



## Практическая работа №1

Тема: НЕЧЕТКИЕ МНОЖЕСТВА И ОПЕРАЦИИ НАД НИМИ

1. Пусть  $U = \{\text{понедельник, вторник, среда, четверг, пятница, суббота, воскресенье}\}$ . Выступая в роли эксперта, запишите в форме следующие нечеткие множества:  $A$  – начало недели,  $B$  – середина недели,  $C$  – конец недели,  $D$  – не начало, но и не конец недели. Есть ли среди определенных вами функций принадлежности унимодальные?

2. Пусть  $U = \{0, 1, 2, \dots, 120\}$  – возможный возраст человека. Выступая в роли эксперта, постройте графики функций принадлежности следующих нечетких множеств:  $A$  – молодой,  $B$  – старый,  $C$  – очень молодой,  $D$  – не старый. Запишите эти множества в форме. Сравните полученные вами графики с графиками ваших коллег. Если есть различия, попытайтесь объяснить причины этих различий.

3. Игра состоит в двукратном подкидывании игрального кубика. На каждую сумму  $s$  выпавших очков (от  $s = 2$  до  $s = 12$ ) делается ставка, причем сумма всех ставок не превышает 100 усл. ед. Запишите свои ставки на каждое значение  $s$ .

Совпадают ли сделанные вами ставки с вероятностями (в процентах) выпадения соответствующих сумм?

Рассматривая сделанные вами ставки как функцию принадлежности нечеткого множества  $B$  = ожидаемая сумма выпавших очков при двукратном подбрасывании игральной кости, выполните следующие задания:

- 1) нормируйте множество  $B$ ;
- 2) запишите  $B$  в форме;
- 3) запишите несущее множество;
- 4) запишите в виде таблицы ряд распределения вероятностей случайной величины  $s$ , дополнив его строкой нормированной функции принадлежности.

Можно ли рассматривать вероятности  $p(s)$  как функцию принадлежности  $\mu_B(s)$  нечеткому множеству  $B$ ? Можно ли, наоборот, рассматривать  $\mu_B(s)$  как вероятности соответствующих значений  $s$ ? Обоснуйте свое суждение.

## Практическая работа №2

Тема: НЕЧЕТКИЕ ЧИСЛА

1. Даны нечеткие числа:  $a$  = «немного больше 3» и  $b$  = «примерно 3», если  $A = 1/4 + 0,5/5 + 0,2/6$  и  $B = 0,3/1 + 0,8/2 + 1/3 + 0,8/4 + 0,3/5$ . Выполнить арифметические операции и сравнить нечеткие числа с дискретными носителями.

2. Пусть  $U = \{0, 1, 2, \dots, 25\}$  является носителем следующих нечетких чисел:

$a$  = «в городе  $N$  проезд на метро стоит приблизительно 8 руб.»;

$b$  = «проезд на маршрутке в этом городе стоит не менее 15 руб.»;

$c$  — «мне надо проехать на метро раз пять»;

$d$  = «мне надо проехать на маршрутке по крайней мере раза три».

Требуется:

- 1) выступая в роли эксперта, запишите нечеткие числа  $a, b, c$  и  $d$  в форме объединения точечных нечетких множеств;
  - 2) найти  $x$  = «примерная сумма расходов на транспорт в городе N»;
  - 3) разложить нечеткие числа  $a, b, c, d$  и  $x$  по множествам  $\alpha$ -уровня, если  $\alpha \in \{0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1\}$ ;
  - 4) построить графики функций принадлежности чисел  $a, b, c, d$  и  $x$ .
3. Пусть  $a$  = «немного больше 3» и  $b$  = «примерно 5», причем

$$A = \int_{x \in [3,6]} \frac{6-x}{3} / x; \quad B = \int_{x \in [3,5]} \frac{x-3}{2} / x + \int_{x \in (5,7]} \frac{7-x}{2} / x.$$

Требуется:

- 1) разложить нечеткие числа  $a$  и  $b$  по множествам  $\alpha$ -уровня, если  $\alpha \in \{0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1\}$ ;
- 2) построить график функций принадлежности этих чисел, используя полученные разложения;
- 3) записать функции принадлежности и построить их графики для чисел  $a + b, a - b, a \cdot b, a : b$ ;
- 4) сравнить числа  $a$  и  $b$ .

### Практическая работа №3, 4

Тема: НЕЧЕТКИЕ БИНАРНЫЕ ОТНОШЕНИЯ И СООТВЕТСТВИЯ

1. Пусть  $A = \{a, b, c, d, e\}$  – члены семьи Ивановых. На множестве  $A$  задано отношение  $x\rho y$ : « $x$  внешне похож на  $y$ » ( $x, y \in A$ ).

Требуется:

- 1) выступая в роли эксперта, задайте график отношения  $\rho$ ;
- 2) построить граф отношения;
- 3) записать матрицу инцидентий отношения;
- 4) проверить, является ли отношение транзитивным, и записать матрицу его транзитивного замыкания (если оно существует).

2. На отрезке  $U = [-1,1]$  задано нечеткое отношение

$$\Gamma = \int_{U^2} \cos\left(\frac{\pi(x-y)}{2}\right) / (x, y).$$

Выполните декомпозицию отношения. Запишите множества  $\alpha$ -уровня

для  $\alpha_1 = \frac{1}{2}, \alpha_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}, \alpha_3 = \frac{\sqrt{3}}{2}$ .

3. На множестве  $U = \{1, 2, 3, 4\}$  заданы бинарные отношения:
- $\Gamma_1 = 1/(1, 1) + 0,8/(1, 3) + 1/(2, 1) + 1/(2, 2) + 0,4/(2, 4) + 0,7/(3, 1) + 1/(3, 3) + 0,6/(4, 2) + 1/(4, 4)$ ;
- $\Gamma_2 = 1/(1, 2) + 0,8/(1, 3) + 1/(1, 4) + 1/(2, 3) + 0,4/(2, 4) + 0,7/(3, 1) + 1/(3, 2) + 0,6/(4, 2) + 1/(4, 3)$ .

Требуется:

- 1) построить графы отношений;
- 2) записать матрицы инцидентий отношений  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ ;
- 3) найти матрицу инцидентий и график композиции отношений  $\Gamma_1 \circ$

$\Gamma_2$ .

### Практическая работа №5

Тема: НЕЧЕТКИЕ БУЛЕВЫ ПЕРЕМЕННЫЕ

1. Функции нечетких булевых переменных заданы формулами:

$$f_1(x_1, x_2, x_3) = x_1 \vee \bar{x}_2 \vee \overline{x_1 x_3}, \quad f_2(x_1, x_2, x_3) = \overline{x_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 x_3}, \\ f_3(x_1, x_2, x_3) = \overline{x_1 \bar{x}_2 x_3 \vee x_1 x_3}, \quad f_4(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_3 \vee \overline{x_1 x_2 x_3},$$

Требуется:

- 1) упростить формулы;
- 2) найти значения функций, если  $x_1 = 0,4$ ,  $x_2 = 0,4$ ,  $x_3 = 0,9$ .
2. Функции нечетких булевых переменных заданы формулами:

$$f_1(x_1, x_2) = \bar{x}_1 \vee x_2 \bar{x}_1 \vee x_2, \quad f_2(x_1, x_2) = x_1 \bar{x}_1 \vee x_2 \bar{x}_2, \\ f_3(x_1, x_2) = \overline{x_1 x_2 \vee x_1 x_2}, \quad f_4(x_1, x_2) = x_1 \vee \overline{x_2 x_1 \bar{x}_2}, \\ f_5(x_1, x_2) = x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_1 \vee x_2$$

Требуется:

- 1) упростить формулы (если это возможно);
- 2) построить таблицы значений функций;
- 3) записать множества истинности предикатов  $f_i \in [0,4; 0,8)$ ,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$  и дать их геометрическую интерпретацию;
- 4) построить схемы реализации каждой функции, если  $x_1 \in [0,2; 0,5)$ ,  $x_2 \in [0,5; 0,9)$ .

### 2.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет)

1. Сформулируйте понятие нечеткого множества и сравните его с понятием обычного множества.
2. Что называют носителем нечеткого множества?
3. Дайте определение точки перехода.
4. Дайте определение унимодальной функции принадлежности.
5. Дайте определение нормального нечеткого множества.
6. Дайте определение субнормального нечеткого множества.
7. Сформулируйте понятие множества  $\alpha$ -уровня.
8. Запишите формулу разложения нечеткого множества по множествам уровня.
9. Сформулируйте аксиомы меры нечеткости.
10. Дайте определение обычного множества, ближайшего к нечеткому.

11. Запишите формулу расстояния между двумя произвольными нечеткими множествами по Хеммингу и Евклиду для дискретного и непрерывного носителя.
12. Запишите основные формулы вычисления индексов нечеткости по Хеммингу для дискретного носителя.
13. Запишите основные формулы вычисления индексов нечеткости по Хеммингу непрерывного носителя.
14. Запишите основные формулы вычисления индексов нечеткости по Евклиду для дискретного носителя
15. Запишите основные формулы вычисления индексов нечеткости по Евклиду для непрерывного носителя.
16. Что называют заострением нечеткого множества?
17. Запишите операции растяжения
18. Запишите операции концентрации.
19. Сравните свойства операций над обычными и нечеткими множествами.
20. Какие важнейшие логические законы не выполнимы над нечеткими множествами?
21. Дайте определение Т-нормы.
22. Дайте определение Т-конормы.
23. Для чего введены понятия Т-нормы и Т-конормы?
24. Как определяют операцию умножения нечетких множеств?
25. Как определяют операцию возведения в целую неотрицательную степень?
26. Как определяют операцию умножения на число?
27. Дайте определение оператора нечеткости.
28. Для чего применяют оператор нечеткости?
29. Каковы границы применимости оператора нечеткости?
30. Сформулируйте понятие нечеткого числа.
31. Какие нечеткие числа называют нормальными?
32. Какие нечеткие числа называют унимодальными?
33. Какие нечеткие числа называют выпуклыми?
34. Сравните определения с соответствующими определениями нечетких множеств. В чем различие? Сходство?
35. Дайте определения алгебраических операций над нечеткими числами.
36. Что называют нечетким минимумом нечетких чисел?
37. Что называют нечетким максимумом нечетких чисел?
38. Как сравнить два нечетких числа?
39. Перечислите свойства операций над нечеткими числами, которые в некоторых случаях нарушаются или выполняются всегда.
40. Сформулируйте принцип обобщения для нечетких множеств.
41. Охарактеризуйте границы применимости принципа обобщения и практическую значимость.
42. Дайте определение нечеткого бинарного отношения.
43. Перечислите способы задания нечетких бинарных отношений.
44. Что называют декомпозицией нечеткого отношения?

45. Сформулируйте определение композиции транзитивного нечетких бинарных соотношений транзитивного замыкания.
46. Перечислите основные свойства нечетких бинарных отношений.
47. Какие процедуры формализует транзитивное замыкание нечетких бинарных отношений и соответствий?
48. Что называют термом?
49. В чем принципиальное различие атомарного и составного термов.
50. Дайте понятие составной лингвистической переменной.
51. Определите сущность семантического правила.
52. В чем различие и сходство семантического и синтаксического правил?
53. Дайте понятие булевой переменной.
54. Дайте понятие формулы булевой алгебры
55. Дайте понятие основных операций над булевыми переменными.
56. Дайте понятие лингвистических переменных «истина» и «ложь».
57. Приведите примеры функций принадлежности этих переменных.
58. Упростить формулы. Функции нечетких булевых переменных заданы формулами:

$$f_1(x_1, x_2, x_3) = x_1 \vee \bar{x}_2 \vee \overline{x_1 x_3}, \quad f_2(x_1, x_2, x_3) = \overline{x_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 x_3},$$

$$f_3(x_1, x_2, x_3) = \overline{x_1 \bar{x}_2 x_3 \vee x_1 x_3}, \quad f_4(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_3 \vee \overline{x_1 x_2 x_3},$$

59. Пусть  $A = \{a, b, c, d, e\}$  – члены семьи Ивановых. На множестве  $A$  задано отношение  $x\rho y$ : « $x$  внешне похож на  $y$ » ( $x, y \in A$ ). Выступая в роли эксперта, задайте график отношения  $\rho$ ;
60. Пусть  $A = \{a, b, c, d, e\}$  – члены семьи Ивановых. На множестве  $A$  задано отношение  $x\rho y$ : « $x$  внешне похож на  $y$ » ( $x, y \in A$ ). Построить граф отношения.
61. Пусть  $A = \{a, b, c, d, e\}$  – члены семьи Ивановых. На множестве  $A$  задано отношение  $x\rho y$ : « $x$  внешне похож на  $y$ » ( $x, y \in A$ ). Записать матрицу инцидентий отношения;
62. Пусть  $A = \{a, b, c, d, e\}$  – члены семьи Ивановых. На множестве  $A$  задано отношение  $x\rho y$ : « $x$  внешне похож на  $y$ » ( $x, y \in A$ ). Проверить, является ли отношение транзитивным, и записать матрицу его транзитивного замыкания (если оно существует).
63. Пусть  $U = \{0, 1, 2, \dots, 120\}$  – возможный возраст человека. Выступая в роли эксперта, постройте графики функций принадлежности следующих нечетких множеств:  $A$  – молодой,  $B$  – старый,  $C$  – очень молодой,  $D$  – не старый. Запишите эти множества в форме.
64. Выступая в роли эксперта, оцените истинность и ложность следующего рекламного текста: «Здесь Вы можете приобрести товар по Вашему вкусу и очень недорого», если заказчики рекламы так оценивают достоверность ее высказываний:  
 $p = \text{«Вы можете приобрести товар по вашему вкусу»} \in [0,6; 0,8),$   
 $q = \text{«Вы можете приобрести товар очень недорого»} \in [0,3; 0,9).$

65. Пусть  $U$  – множество дисциплин, изучаемых в текущем семестре. Присвойте номер каждой дисциплине и, выступая в роли эксперта, запишите нечеткие множества:

$A$  – мне нравится эта дисциплина;

$B$  – я не понимаю эту дисциплину;

$C$  – мне не нравится эта дисциплина;

$D$  – я хотел бы изучать эту дисциплину глубже.

66. Даны нечеткие множества:

$$A = 0,4/5 + 0,7/6 + 1/7 + 0,8/8 + 0,6/9 \text{ и}$$

$$B = 0,8/1 + S + 0,8/3 + 0,5/4.$$

Записать множества  $CON(A)$

67. Даны нечеткие множества:

$$A = 0,4/5 + 0,7/6 + 1/7 + 0,8/8 + 0,6/9 \text{ и}$$

$$B = 0,8/1 + S + 0,8/3 + 0,5/4.$$

Записать множества  $DIL(A)$ .

68. Даны нечеткие множества:

$$A = 0,4/5 + 0,7/6 + 1/7 + 0,8/8 + 0,6/9 \text{ и}$$

$$B = 0,8/1 + S + 0,8/3 + 0,5/4.$$

Записать множества  $CON(B)$ .

69. Даны нечеткие множества:

$$A = 0,4/5 + 0,7/6 + 1/7 + 0,8/8 + 0,6/9 \text{ и}$$

$$B = 0,8/1 + S + 0,8/3 + 0,5/4.$$

Записать множества  $DIL(B)$ ;

70. Построить таблицы значений функций. Функции нечетких булевых переменных заданы формулами:

$$f_1(x_1, x_2) = \bar{x}_1 \vee x_2 \bar{x}_1 \vee x_2, \quad f_2(x_1, x_2) = x_1 \bar{x}_1 \vee x_2 \bar{x}_2,$$

$$f_3(x_1, x_2) = \overline{x_1 x_2} \vee x_1 x_2, \quad f_4(x_1, x_2) = x_1 \vee \overline{x_2 x_1 \bar{x}_2},$$

$$f_5(x_1, x_2) = x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_1 \vee x_2$$