

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 05.02.2021 17:35:07
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e31c1feabbf75e24501a48511da958a089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)
Кафедра информационных систем и технологий

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
« 1 » 02 2018 г.



Нейронные сети и нечеткие системы

Методические указания по выполнению лабораторных и практических работ для направлений подготовки 09.03.03, 09.03.02, 38.03.05

УДК 004

Составитель С.Ю. Сазонов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент Ю.А. Халин

Нейронные сети и нечеткие системы Методические указания по выполнению лабораторных и практических работ для направлений подготовки 09.03.03, 09.03.02, 38.03.05 / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. С.Ю.Сазонов. Курск, 2018. 277 с.: Библиогр.: с. 277.

Методические рекомендации предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 09.03.03, 09.03.02, 38.03.05

Текст печатается в авторской редакции.

Подписано в печать *1.02*. Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 16,1. Уч.-изд. л. 14,6. Тираж 100 экз. Заказ. Бесплатно. *298*

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Введение в теорию нечетких моделей

Фундаментальный принцип современной науки состоит в том, что явление нельзя считать хорошо понятым до тех пор, пока оно не описано посредством количественных характеристик. Научное знание представляет собой совокупность принципов и методов, необходимых для конструирования математических моделей различных систем. Развитие вычислительных машин эффективно сказывалось на развитии методов анализа механических систем, поведение которых определяется законами механики, физики, химии и электромагнетизма. Однако этого нельзя сказать об анализе *гуманистических систем*, т.е. систем, в которых участвует человек. Неэффективность вычислительных машин в изучении гуманистических систем является подтверждением так называемого *принципа несовместимости* – высокая точность системы несовместима с большой сложностью системы. Для систем, сложность которых превосходит некоторый пороговый уровень, точность и практический смысл становятся почти исключаящими друг друга характеристиками. Возможная причина неэффективности ЭВМ – неспособность машины охватить огромную сложность процессов человеческого мышления и принятия решений. Ведь одно из примечательных свойств человеческого интеллекта – способность принимать правильные решения в обстановке неполной и нечеткой информации. Элементами мышления человека являются не числа, а элементы некоторых нечетких множеств или классов объектов, для которых переход от «принадлежности к классу» к «непринадлежности» не скачкообразен, а непрерывен. В основе процесса мышления человека лежит не традиционная двузначная или даже многозначная логика, а логика с нечеткой истинностью, нечеткими связями и нечеткими правилами вывода.

Поэтому для действенного анализа гуманистических систем нужны подходы, для которых точность, строгость и математический формализм не являются чем-то необходимым и в которых используется методологическая схема, допускающая нечеткости и частичные истины. Один из таких подходов – применение нечетких моделей, которые имеют следующие отличительные черты:

- использование так называемых лингвистических переменных вместо числовых переменных или в дополнение к ним;
- простые отношения между переменными описываются с помощью нечетких высказываний;
- сложные отношения между переменными описываются нечеткими алгоритмами.

Применение нечетких моделей целесообразно в случаях, когда имеются недостаточность и неопределенность знаний об исследуемой системе, например если:

- получение информации сложно, трудно, долго, дорого, невозможно,
- источником основной информации являются экспертные данные, эвристические описания процессов функционирования,
- информация о системе разнокачественная или оценка параметров проводится с использованием разных шкал.

Теория нечетких моделей представляет собой обобщение и переосмысление важнейших направлений классической математики. У ее истоков лежат идеи и достижения многозначной логики, которая указала на возможность перехода от двух к произвольному числу значений истинности и поставила проблему оперирования понятиями с изменяющимся содержанием. Кроме того, значительный вклад внесла теория вероятностей, которая, породив большое количество различ-

ных способов статистической обработки экспериментальных данных, открыла пути определения и интерпретации функции принадлежности. Наконец, у классической дискретной математики был взят инструментарий для построения моделей многомерных и многоуровневых систем, удобный при решении практических задач. Получившийся результат открыл действительно богатейшие возможности для анализа сложных систем в условиях неопределенности.

Лабораторный практикум

Работа 1 «Построение функций принадлежности»

1.1. Непрерывная функция принадлежности

Исходные данные

Вариант	Переменная	Множество значений
1	время года = ВЕСНА	температура воздуха [-20;+30], °C
2	время года = ЛЕТО	температура воздуха [-20;+30], °C
3	время года = ОСЕНЬ	температура воздуха [-20;+30], °C
4	время года = ЗИМА	температура воздуха [-20;+30], °C
5	температура воды = = ЛЕДЯНАЯ	температура воды [0;100], °C
6	температура воды = = ХОЛОДНАЯ	температура воды [0;100], °C
7	температура воды = = ТЕПЛАЯ	температура воды [0;100], °C
8	температура воды = = ГОРЯЧАЯ	температура воды [0;100], °C
9	з/п программиста = = НИЗКАЯ	з/п программиста [10;120], тыс. руб.
10	з/п программиста = = СРЕДНЯЯ	з/п программиста [10;120], тыс. руб.
11	з/п программиста = = ВЫСОКАЯ	з/п программиста [10;120], тыс. руб.
12	з/п программиста = = ЗНАЧИТЕЛЬНАЯ	з/п программиста [10;120], тыс. руб.
13	вероятность банкротства = НИЗКАЯ	вероятность [0;100], %

Вариант	Переменная	Множество значений
14	вероятность банкротства = СРЕДНЯЯ	вероятность [0;100], %
15	вероятность банкротства = БОЛЬШАЯ	вероятность [0;100], %
16	вероятность банкротства = ОГРОМНАЯ	вероятность [0;100], %
17	температура воздуха = = ХОЛОДНАЯ	температура воздуха [-50;100], °С
18	температура воздуха = = ПРОХЛАДНАЯ	температура воздуха [-50;100], °С
19	температура воздуха = = ТЕПЛАЯ	температура воздуха [-50;100], °С
20	температура воздуха = = ЖАРКАЯ	температура воздуха [-50;100], °С
21	возраст = ЮНЫЙ	возраст [0;80], годы
22	возраст = МОЛОДОЙ	возраст [0;80], годы
23	возраст = СРЕДНИЙ	возраст [0;80], годы
24	возраст = СТАРЫЙ	возраст [0;80], годы

Задание

1. На основании исходных данных придумать функции принадлежности указанных элементов к заданным нечетким множествам.
2. Полученные функции принадлежности представить в аналитическом и графическом виде с помощью средств Microsoft Excel.

Аналитический вид функции принадлежности

Использовать один из типов функций принадлежности, наилучшим образом описывающий данную ситуацию. Подобрать соответствующие коэффициенты.

Графический вид функции принадлежности

1.2. Дискретная функция принадлежности

Исходные данные

Авто	Цена	Расход	Мощность	Разгон	Скорость	Air bags	Багажник
Aston Martin DB9 5.9 Volante	223 000	17,1	450	4,7	300	4	195
Audi TT 3.2 quattro coupe	70 000	10,3	250	5,9	250	4	290
Bentley Azure	475 000	18,7	426	6,2	249	8	200
BMW X5 4.8 Sport	110 000	12,5	355	6,5	240	6	620
Daewoo Nexia	10 400	6,3	85	11,0	185	0	405
Ferrari F430 4.3 Spider	245 000	18,3	490	4,0	315	2	260
Hummer H2 6.0	94 500	20,0	321	10,5	180	4	1130
Mercedes-Benz SLR McLaren	635 000	14,5	626	3,8	334	6	270
Mitsubishi Lancer EUO IX Sport	47 000	10,6	280	5,7	250	2	430
Toyota Camry	44 900	9,9	277	6,8	230	6	535

Вариант	Множество А	Множество В	Множество С
1	Дорогой	Невместительный	Средней безопасности
2	Медленный	Средней мощности	Динамичный
3	Средней стоимости	Слабой мощности	Вместительный
4	Быстрый	Дешевый	Средней экономичности
5	Нединамичный	Средней вместительности	Экономичный
6	Безопасный	Неэкономичный	Средней быстроты
7	Среднединамичный	Мощный	Небезопасный
8	Медленный	Средней вместительности	Дорогой
9	Средней экономичности	Вместительный	Слабой мощности
10	Дешевый	Безопасный	Средней мощности
11	Средней динамичности	Экономичный	Невместительный
12	Мощный	Средней быстроты	Небезопасный
13	Дешевый	Вместительный	Средней безопасности
14	Быстрый	Средней мощности	Нединамичный
15	Средней стоимости	Мощный	Невместительный
16	Медленный	Дорогой	Средней экономичности
17	Динамичный	Средней вместительности	Неэкономичный

Работа 2
«Операции над нечеткими множествами»

2.1. Операция «отрицание»

Исходные данные

- классическое отрицание: $\lambda(\mu) = \bar{\mu}(x) = 1 - \mu(x)$;
- квадратичное отрицание: $\lambda(\mu) = \sqrt{1 - \mu^2}$;
- отрицание Сугено: $\lambda(\mu) = \frac{1 - \mu}{1 + k \cdot \mu}$, $-1 < k < \infty$;
- дополнение порогового типа: $\lambda(\mu) = \begin{cases} 1, & \text{если } \mu \leq \alpha; \\ 0, & \text{если } \mu > \alpha. \end{cases}$

Вариант	Множество А
1	$\{x_1/0.9; x_2/0.7; x_3/0.2; x_4/1; x_5/0.1; x_6/0.5; x_7/0.8; x_8/0.2\}$
2	$\{x_1/0.5; x_2/0.2; x_3/0; x_4/0.4; x_5/0; x_6/0.7; x_7/0.8; x_8/0\}$
3	$\{x_1/0; x_2/0.5; x_3/1; x_4/0.7; x_5/0.2; x_6/0.4; x_7/0.8; x_8/0\}$
4	$\{x_1/0.1; x_2/0.5; x_3/0.3; x_4/0.8; x_5/1; x_6/1; x_7/0; x_8/0\}$
5	$\{x_1/0.4; x_2/0; x_3/1; x_4/0.7; x_5/0; x_6/0; x_7/0.8; x_8/0.9\}$
6	$\{x_1/0; x_2/0; x_3/0.7; x_4/1; x_5/0.3; x_6/0.2; x_7/0.8; x_8/0.9\}$
7	$\{x_1/0.1; x_2/0.7; x_3/1; x_4/0; x_5/0.5; x_6/0.4; x_7/0.3; x_8/0.1\}$
8	$\{x_1/0.7; x_2/0.2; x_3/0.3; x_4/0.8; x_5/0.5; x_6/0.4; x_7/1; x_8/0.5\}$
9	$\{x_1/0.2; x_2/0.7; x_3/0.8; x_4/0.4; x_5/0.7; x_6/0.1; x_7/0.3; x_8/0\}$

Вариант	Множество А
10	$\{x_1/0.5; x_2/0; x_3/0.7; x_4/0.8; x_5/1; x_6/0; x_7/0.4; x_8/0.2\}$
11	$\{x_1/0.9; x_2/0; x_3/0.5; x_4/0.7; x_5/0.4; x_6/0; x_7/0.6; x_8/0.1\}$
12	$\{x_1/0.2; x_2/1; x_3/0.4; x_4/0.8; x_5/0.4; x_6/0.9; x_7/0; x_8/0.1\}$
13	$\{x_1/0.3; x_2/0.5; x_3/1; x_4/0.2; x_5/1; x_6/0.2; x_7/0.7; x_8/0.9\}$
14	$\{x_1/0; x_2/0.6; x_3/1; x_4/0.1; x_5/0.7; x_6/0; x_7/1; x_8/1\}$
15	$\{x_1/1; x_2/0.9; x_3/0.8; x_4/0.5; x_5/0.9; x_6/0.1; x_7/0.5; x_8/1\}$
16	$\{x_1/0.1; x_2/1; x_3/0.3; x_4/0.9; x_5/0.2; x_6/1; x_7/0.4; x_8/0.4\}$
17	$\{x_1/0.8; x_2/0.3; x_3/0.5; x_4/0.2; x_5/1; x_6/1; x_7/0; x_8/1\}$
18	$\{x_1/1; x_2/1; x_3/0; x_4/0.2; x_5/0.7; x_6/0.8; x_7/0.1; x_8/0.6\}$
19	$\{x_1/0.3; x_2/0.4; x_3/0.6; x_4/0.7; x_5/0.1; x_6/0.1; x_7/1; x_8/0\}$
20	$\{x_1/0; x_2/0.9; x_3/0.1; x_4/1; x_5/0.4; x_6/0.9; x_7/0; x_8/1\}$
21	$\{x_1/0.2; x_2/0.6; x_3/0.8; x_4/1; x_5/0.9; x_6/0.7; x_7/0.5; x_8/0.3\}$
22	$\{x_1/0.7; x_2/1; x_3/0.6; x_4/0; x_5/0.1; x_6/0; x_7/0.3; x_8/0.9\}$
23	$\{x_1/0.4; x_2/0.8; x_3/1; x_4/1; x_5/0.3; x_6/0.8; x_7/0.1; x_8/0.5\}$
24	$\{x_1/1; x_2/0.4; x_3/0.5; x_4/0.2; x_5/0.2; x_6/0; x_7/0.7; x_8/0.2\}$

Задание

Для каждого отрицания исходного множества А определить, к какому типу оно относится.

Решение:

Отрицание	Условие					Вывод
	А		Б		В	
	1	2	3	4	5	
Классическое отрицание						
Квадратичное отрицание						
Отрицание Сугено						
Дополнение порогового типа						

Графический вид операций «отрицание» для заданного множества А

2.2. Треугольные нормы и конормы

Исходные данные

Определение функции	Имя функции
$\begin{cases} 0, \text{ если } \max(x, y) < 1 \\ \min(x, y), \text{ если } \max(x, y) = 1 \end{cases}$	Ограниченное произведение
$\max(0, x + y - 1)$	Пересечение по Лукасевичу
$x \cdot y / [1 + (1 - x)]$ $x \cdot y$	Произведение Эйнштейна Алгебраическое произведение
$x \cdot y / [1 - (1 - x) \cdot (1 - y)]$	Произведение Гамахера
$\min(x, y)$	Пересечение по Заде
$\max(x, y)$	Объединение по Заде
$1 - (1 - x) \cdot (1 - y) / (1 - x \cdot y)$	Сумма Гамахера
$1 - (1 - x) \cdot (1 - y)$	Алгебраическая сумма
$1 - (1 - x) \cdot (1 - y) / (1 + x \cdot y)$	Сумма Эйнштейна
$\min(1, x + y)$	Объединение по Лукасевичу
$\begin{cases} 1, \text{ если } \min(x, y) > 0 \\ \max(x, y), \text{ если } \min(x, y) = 0 \end{cases}$	Ограниченная сумма

Задание

1. Заполнить таблицу исходных данных, распределив 12 известных функции (см. лекцию) на Т-нормы и \perp -конормы.
2. Упорядочить по убыванию значений исходные Т-нормы и \perp -конормы.

где

x_1	Болонка
x_2	Водолаз
x_3	Овчарка
x_4	Пудель
x_5	Доберман
x_6	Терьер
x_7	Йоркшир
x_8	Ротвейлер

Найти

- 1) множество C = «нелохматая собака»;
- 2) множество D = «лохматая и неумная собака»;
- 3) множество E = «лохматая или умная собака»;
- 4) степень включения множества «нелохматая собака» в множество «неумная собака» (и наоборот);
- 5) степень равенства множества

«лохматая и умная собака» и множества «умная собака»;

- 6) множество F = «очень лохматая собака»;
- 7) множество G = «более-менее умная собака»;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 2

Дано универсальное множество $U = \{\text{собаки}\}$, два нечетких множества:

A = «вислоухая собака» =

$$= \{x_1/0.5, x_2/0.2, x_3/0, x_4/0.4, x_5/0, x_6/0.7, x_7/0.8, x_8/0\};$$

B = «умная собака» =

$$= \{x_1/0.1, x_2/0.7, x_3/1, x_4/0, x_5/0.5, x_6/0.4, x_7/0.3, x_8/0.1\};$$

где

x_1	Болонка
x_2	Водолаз
x_3	Овчарка

x_4	Пудель
x_5	Доберман
x_6	Терьер
x_7	Йоркшир
x_8	Ротвейлер

Найти

- 1) множество C = «неумная собака»;
- 2) множество D = «невислоухая и умная собака»;
- 3) множество E = «умная или вислоухая собака»;
- 4) степень включения множества «умная собака» в множество «неумная и невислоухая собака» (и наоборот);
- 5) степень равенства множества «неумная или вислоухая собака» и множества «невислоухая собака»;
- 6) множество F = «очень умная собака»;
- 7) множество G = «более-менее вислоухая собака»;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 3

Дано универсальное множество $U = \{\text{собаки}\}$, два нечетких множества:

A = «лохматая собака» =

$$= \{x_1/0.9, x_2/0.7, x_3/0.2, x_4/1, x_5/0.1, x_6/0.5, x_7/0.8, x_8/0.2\};$$

B = «вислоухая собака» =

$$= \{x_1/0.5, x_2/0.2, x_3/0, x_4/0.4, x_5/0, x_6/0.7, x_7/0.8, x_8/0\};$$

где

x_1	Болонка	x_7	Йоркшир
x_2	Водолаз	x_8	Ротвейлер
x_3	Овчарка		
x_4	Пудель		
x_5	Доберман		
x_6	Терьер		

Найти

- 1) множество C = «невислоухая собака»;
- 2) множество D = «нелохматая и не-

- вислоухая собака»;
- 3) множество $E =$ «лохматая или вислоухая собака»;
 - 4) степень включения множества «нелохматая и вислоухая собака» в множество «лохматая и невислоухая собака» (и наоборот);
 - 5) степень равенства множества «лохматая и вислоухая собака» и множества «лохматая собака»;
 - 6) множество $F =$ «очень вислоухая собака»;
 - 7) множество $G =$ «более-менее лохматая собака»;
 - 8) уменьшить нечеткость множества E ;
 - 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 4

Дано универсальное множество $U = \{\text{собаки}\}$, два нечетких множества:

$A =$ «лохматая собака» =

$$= \{x_1/0.9; x_2/0.7; x_3/0.2; x_4/1; x_5/0.1; x_6/0.5; x_7/0.8; x_8/0.2\};$$

$B =$ «собака с короткими лапами» =

$$= \{x_1/0.7; x_2/0.2; x_3/0.3; x_4/0.8; x_5/0.5; x_6/0.4; x_7/1; x_8/0.5\},$$

где

x_1	Болонка
x_2	Водолаз
x_3	Овчарка
x_4	Пудель
x_5	Доберман
x_6	Терьер
x_7	Йоркшир
x_8	Ротвейлер

Найти

- 1) множество $C =$ «собака с длинными лапами»;
- 2) множество $D =$ «лохматая собака с короткими лапами»;
- 3) множество $E =$ «нелохматая собака или собака с короткими лапами»;
- 4) степень включения множества «нелохматая собака» в множество «нелохматая собака с длинными лапами» (и наоборот);

лапами» (и наоборот);

- 5) степень равенства множества «лохматая собака» и множества «собака с короткими лапами»;
- 6) множество $F =$ «собака с очень короткими лапами»;
- 7) множество $G =$ «более-менее лохматая собака»;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 5

Дано универсальное множество $U = \{\text{собаки}\}$, два нечетких множества:

$A =$ «собака с длинным хвостом» =

$$= \{x_1/0.2; x_2/0.7; x_3/0.8; x_4/0.4; x_5/0.7; x_6/0.1; x_7/0.3; x_8/0\};$$

$B =$ «умная собака» =

$$= \{x_1/0.1; x_2/0.7; x_3/1; x_4/0; x_5/0.5; x_6/0.4; x_7/0.3; x_8/0.1\},$$

где

x_1	Болонка
x_2	Водолаз
x_3	Овчарка
x_4	Пудель
x_5	Доберман
x_6	Терьер
x_7	Йоркшир
x_8	Ротвейлер

Найти

- 1) множество $C =$ «неумная собака»;
- 2) множество $D =$ «умная собака с коротким хвостом»;
- 3) множество $E =$ «неумная собака или собака длинным хвостом»;
- 4) степень включения множества «умная собака» в множество «неумная собака с длинным хвостом» (и наоборот);
- 5) степень равенства множества «умная собака с длинным хвостом» и множества «собака с коротким хвостом»;
- 6) множество $F =$ «очень умная собака»;
- 7) множество $G =$ «собака с более-менее длинным хвостом»;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;

9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 6

Дано универсальное множество $U = \{\text{собаки}\}$, два нечетких множества:

$A = \text{«собака с короткими лапами»} =$

$$= \{x_1/0.7, x_2/0.2, x_3/0.3, x_4/0.8, x_5/0.5, x_6/0.4, x_7/1, x_8/0.5\}$$

$B = \text{«вислоухая собака»} =$

$$= \{x_1/0.5, x_2/0.2, x_3/0, x_4/0.4, x_5/0, x_6/0.7, x_7/0.8, x_8/0\}$$

где

x_1	Болонка
x_2	Водолаз
x_3	Овчарка
x_4	Пудель
x_5	Доберман
x_6	Терьер
x_7	Йоркшир
x_8	Ротвейлер

Найти

- 1) множество $C = \text{«невислоухая собака»}$;
- 2) множество $D = \text{«вислоухая собака с короткими лапами»}$;
- 3) множество $E = \text{«невислоухая собака или собака с длинными лапами»}$;
- 4) степень включения множества «вислоухая собака» в множество «собака с длинными лапами» (и наоборот);
- 5) степень равенства множества «невислоухая собака с длинными лапами» и множества «собака с короткими лапами»;
- 6) множество $F = \text{«очень вислоухая собака»}$;
- 7) множество $G = \text{«собака с более-менее короткими лапами»}$;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 7

Дано универсальное множество $U = \{\text{собаки}\}$, два нечетких множества:

$A = \text{«собака с длинным хвостом»} =$

$$= \{x_1/0.2, x_2/0.7, x_3/0.8, x_4/0.4, x_5/0.7, x_6/0.1, x_7/0.3, x_8/0\};$$

$B = \text{«вислоухая собака»} =$

$$= \{x_1/0.5, x_2/0.2, x_3/0, x_4/0.4, x_5/0, x_6/0.7, x_7/0.8, x_8/0\},$$

где

x_1	Болонка
x_2	Водолаз
x_3	Овчарка
x_4	Пудель
x_5	Доберман
x_6	Терьер
x_7	Йоркшир
x_8	Ротвейлер

Найти

- 1) множество $C = \text{«собака с коротким хвостом»}$;
- 2) множество $D = \text{«вислоухая собака с длинным хвостом»}$;
- 3) множество $E = \text{«собака с коротким хвостом или невислоухая собака»}$;
- 4) степень включения множества «вислоухая собака с коротким хвостом» в множество «собака с длинным хвостом» (и наоборот);
- 5) степень равенства множества «вислоухая собака или собака с длинным хвостом» и множества «вислоухая собака»;
- 6) множество $F = \text{«собака с очень длинным хвостом»}$;
- 7) множество $G = \text{«более-менее вислоухая собака»}$;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 8

Дано универсальное множество $U = \{\text{собаки}\}$, два нечетких множества:

$A = \text{«собака с длинным хвостом»} =$

$$\{x_1/0.2; x_2/0.7; x_3/0.8; x_4/0.4; x_5/0.7; x_6/0.1; x_7/0.3; x_8/0\};$$

$B = \text{«собака с короткими лапами»} =$

$$\{x_1/0.7; x_2/0.2; x_3/0.3; x_4/0.8; x_5/0.5; x_6/0.4; x_7/1; x_8/0.5\},$$

где

x_1	Болонка
x_2	Водолаз
x_3	Овчарка
x_4	Пудель
x_5	Доберман
x_6	Терьер
x_7	Йоркшир
x_8	Ротвейлер

Найти

- 1) множество $C = \text{«собака с длинными лапами»}$;
- 2) множество $D = \text{«собака с короткими лапами и коротким хвостом»}$;
- 3) множество $E = \text{«собака с длинным хвостом или короткими лапами»}$;
- 4) степень включения множества «собака с длинным хвостом» в множество «собака с длинными лапами и коротким хвостом» (и наоборот);
- 5) степень равенства множества «собака с длинным хвостом» и множества «собака с короткими лапами»;
- 6) множество $F = \text{«собака с очень короткими лапами»}$;
- 7) множество $G = \text{«собака с более-менее длинным хвостом»}$;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 9

Дано универсальное множество $U = \{\text{собаки}\}$, два нечетких множества:

$A = \text{«собака с короткими лапами»} =$

$$\{x_1/0.7; x_2/0.2; x_3/0.3; x_4/0.8; x_5/0.5; x_6/0.4; x_7/1; x_8/0.5\};$$

$B = \text{«умная собака»} =$

$$\{x_1/0.1; x_2/0.7; x_3/1; x_4/0; x_5/0.5; x_6/0.4; x_7/0.3; x_8/0.1\},$$

где

x_1	Болонка
x_2	Водолаз
x_3	Овчарка
x_4	Пудель
x_5	Доберман
x_6	Терьер
x_7	Йоркшир
x_8	Ротвейлер

Найти

- 1) множество $C = \text{«неумная собака»}$;
- 2) множество $D = \text{«умная собака с длинными лапами»}$;
- 3) множество $E = \text{«неумная собака или собака с длинными лапами»}$;
- 4) степень включения множества «неумная собака» в множество «собака с длинными лапами» (и наоборот);
- 5) степень равенства множества «умная собака с короткими лапами» и множества «умная собака или собака с длинными лапами»;
- 6) множество $F = \text{«очень умная собака»}$;
- 7) множество $G = \text{«собака с более-менее короткими лапами»}$;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 10

Дано универсальное множество $U = \{\text{торты}\}$, два нечетких множества:

$A = \text{«торт с фруктами»} =$

$$= \{x_1/0.4, x_2/0, x_3/1, x_4/0.7, x_5/0, x_6/0, x_7/0.8, x_8/0.9\};$$

$B = \text{«торт с кремом»} =$

$$= \{x_1/0.1, x_2/0.5, x_3/0.3, x_4/0.8, x_5/1, x_6/1, x_7/0, x_8/0\},$$

где

x_1	Торт «Ягодный»
x_2	Торт «Медовый»
x_3	Торт «Поляна»
x_4	Торт «Праздничный»
x_5	Торт «Сказка»
x_6	Торт «Наполеон»
x_7	Торт «Солнышко»
x_8	Торт «Низкокалорийный»

Найти

- 1) множество $C =$
= «торт без крема»;
- 2) множество $D =$
= «торт с кремом и фруктами»;
- 3) множество $E =$
= «торт без фруктов или без крема»;
- 4) степень включения множества «торт с

кремом» в множество «торт с кремом, но без фруктов» (и наоборот);

- 5) степень равенства множества «торт без фруктов» и множества «торт с фруктами или с кремом»;
- 6) множество $F =$ «торт с очень многими фруктами»;
- 7) множество $G =$ «торт более-менее содержащий крем»;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 11

Дано универсальное множество $U = \{\text{торты}\}$, два нечетких множества:

$A = \text{«торт с орехами»} =$

$$= \{x_1/0, x_2/0.5, x_3/1, x_4/0.7, x_5/0.2, x_6/0.4, x_7/0.8, x_8/0\};$$

$B = \text{«торт с кремом»} =$

$$= \{x_1/0.1, x_2/0.5, x_3/0.3, x_4/0.8, x_5/1, x_6/1, x_7/0, x_8/0\},$$

где

x_1	Торт «Ягодный»
x_2	Торт «Медовый»
x_3	Торт «Поляна»
x_4	Торт «Праздничный»
x_5	Торт «Сказка»
x_6	Торт «Наполеон»
x_7	Торт «Солнышко»
x_8	Торт «Низкокалорийный»

Найти

- 1) множество $C =$
= «торт без орехов»;
- 2) множество $D =$
= «торт без крема и без орехов»;
- 3) множество $E =$
= «торт с орехами или без крема»;
- 4) степень включения

множества «торт с кремом без орехов» в множество «торт с кремом и орехами» (и наоборот);

- 5) степень равенства множества «торт без орехов» и множества «торт с орехами или с кремом»;
- 6) множество $F =$ «торт с очень многими орехами»;
- 7) множество $G =$ «торт более-менее содержащий крем»;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 12

Дано универсальное множество $U = \{\text{торты}\}$, два нечетких множества:

$A = \langle \text{торт с фруктами} \rangle =$

$$= \{x_1/0.4; x_2/0; x_3/1; x_4/0.7; x_5/0; x_6/0; x_7/0.8; x_8/0.9\};$$

$B = \langle \text{торт с мармеладом} \rangle =$

$$= \{x_1/0.5; x_2/0; x_3/0.7; x_4/0.8; x_5/1; x_6/0; x_7/0.4; x_8/0.2\},$$

где

x_1	Торт «Ягодный»
x_2	Торт «Медовый»
x_3	Торт «Поляна»
x_4	Торт «Праздничный»
x_5	Торт «Сказка»
x_6	Торт «Наполеон»
x_7	Торт «Солнышко»
x_8	Торт «Низкокалорийный»

Найти

- 1) множество $C =$
= «торт без мармелада»;
- 2) множество $D =$
= «торт с мармеладом, но без фруктов»;
- 3) множество $E =$
«торт с фруктами или без мармелада»;

- 4) степень включения множества «торт с фруктами» в множество «торт без фруктов и мармелада» (и наоборот);
- 5) степень равенства множества «торт без фруктов» и множества «торт без фруктов или с мармеладом»;
- 6) множество $F =$ «торт с очень большим содержанием мармелада»;
- 7) множество $G =$ «торт более-менее содержащий фрукты»;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 13

Дано универсальное множество $U = \{\text{торты}\}$, два нечетких множества:

$A = \langle \text{торт с повидлом} \rangle =$

$$= \{x_1/0.9; x_2/0; x_3/0.5; x_4/0.7; x_5/0.4; x_6/0; x_7/0.6; x_8/0.1\};$$

$B = \langle \text{торт с мармеладом} \rangle =$

$$= \{x_1/0.5; x_2/0; x_3/0.7; x_4/0.8; x_5/1; x_6/0; x_7/0.4; x_8/0.2\},$$

где

x_1	Торт «Ягодный»
x_2	Торт «Медовый»
x_3	Торт «Поляна»
x_4	Торт «Праздничный»
x_5	Торт «Сказка»
x_6	Торт «Наполеон»
x_7	Торт «Солнышко»
x_8	Торт «Низкокалорийный»

Найти

- 1) множество $C =$
= «торт без повидла»;
- 2) множество $D =$
= «торт с мармеладом и повидлом»;
- 3) множество $E =$
«торт без мармелада или без повидла»;
- 4) степень включения множества «торт с повидлом» в множество «торт с повидлом, но без мармелада» (и наоборот);
- 5) степень равенства множества «торт без мармелада» и множества «торт без повидла или с мармеладом»;
- 6) множество $F =$ «торт с очень большим содержанием повидла»;
- 7) множество $G =$ «торт более-менее содержащий мармелад»;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 14

Дано универсальное множество $U = \{\text{собаки}\}$, два нечетких множества:

$A = \text{«собака с короткими лапами»} =$

$$= \{x_1/0.7; x_2/0.2; x_3/0.3; x_4/0.8; x_5/0.5; x_6/0.4; x_7/1; x_8/0.5\};$$

$B = \text{«вислоухая собака»} =$

$$= \{x_1/0.5; x_2/0.2; x_3/0; x_4/0.4; x_5/0; x_6/0.7; x_7/0.8; x_8/0\},$$

где

x_1	Болонка
x_2	Водолаз
x_3	Овчарка
x_4	Пудель
x_5	Доберман
x_6	Терьер
x_7	Йоркшир
x_8	Ротвейлер

Найти

- 1) множество $C = \text{«собака с длинными лапами»}$;
- 2) множество $D = \text{«невислоухая собака с короткими лапами»}$;
- 3) множество $E = \text{«вислоухая собака или собака с короткими лапами»}$;
- 4) степень включения множества «невислоухая собака» в множество «собака с длинными лапами» (и наоборот);
- 5) степень равенства множества «вислоухая собака с длинными лапами» и множества «собака с короткими лапами»;
- 6) множество $F = \text{«собака с очень короткими лапами»}$;
- 7) множество $G = \text{«более-менее вислоухая собака»}$;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 15

Дано универсальное множество $U = \{\text{торты}\}$, два нечетких множества:

$A = \text{«торт с фруктами»} =$

$$= \{x_1/0.4; x_2/0; x_3/1; x_4/0.7; x_5/0; x_6/0; x_7/0.8; x_8/0.9\};$$

$B = \text{«торт с кремом»} =$

$$= \{x_1/0.1; x_2/0.5; x_3/0.3; x_4/0.8; x_5/1; x_6/1; x_7/0; x_8/0\},$$

где

x_1	Торт «Ягодный»
x_2	Торт «Медовый»
x_3	Торт «Поляна»
x_4	Торт «Праздничный»
x_5	Торт «Сказка»
x_6	Торт «Наполеон»
x_7	Торт «Солнышко»
x_8	Торт «Низкокалорийный»

Найти

- 1) множество $C = \text{«торт без фруктов»}$;
- 2) множество $D = \text{«торт без крема и с фруктами»}$;
- 3) множество $E = \text{«торт с фруктами или с кремом»}$;
- 4) степень включения множества «торт с кремом» в множество «торт с кремом с и фруктами» (и наоборот);
- 5) степень равенства множества «торт без фруктов» и множества «торт без фруктами или с кремом»;
- 6) множество $F = \text{«торт с очень большим количеством крема»}$;
- 7) множество $G = \text{«торт более-менее содержащий фрукты»}$;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 16

Дано универсальное множество $U = \{\text{торты}\}$, два нечетких множества:

$A = \text{«торт с орехами»} =$

$$= \{x_1/0, x_2/0.5, x_3/1, x_4/0.7, x_5/0.2, x_6/0.4, x_7/0.8, x_8/0\};$$

$B = \text{«торт с фруктами»} =$

$$= \{x_1/0.4, x_2/0, x_3/1, x_4/0.7, x_5/0, x_6/0, x_7/0.8, x_8/0.9\},$$

где

x_1	Торт «Ягодный»
x_2	Торт «Медовый»
x_3	Торт «Поляна»
x_4	Торт «Праздничный»
x_5	Торт «Сказка»
x_6	Торт «Наполеон»
x_7	Торт «Солнышко»
x_8	Торт «Низкокалорийный»

Найти

- 1) множество $C =$
= «торт без фруктов»;
- 2) множество $D =$
= «торт с фруктами без орехов»;
- 3) множество $E =$
«торт без фруктов или с орехами»;
- 4) степень включения

множества «торт с орехами» в множество «торт без фруктов и без орехов» (и наоборот);

- 5) степень равенства множества «торт с фруктами и орехами» и множества «торт без орехов»;
- 6) множество $F =$ «торт с очень многими фруктами»;
- 7) множество $G =$ «торт более-менее содержащий орехи»;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 17

Дано универсальное множество $U = \{\text{торты}\}$, два нечетких множества:

$A = \text{«торт со сливками»} =$

$$= \{x_1/0, x_2/0, x_3/0.7, x_4/1, x_5/0.3, x_6/0.2, x_7/0.8, x_8/0.9\};$$

$B = \text{«торт с повидлом»} =$

$$= \{x_1/0.9, x_2/0, x_3/0.5, x_4/0.7, x_5/0.4, x_6/0, x_7/0.6, x_8/0.1\},$$

где

x_1	Торт «Ягодный»
x_2	Торт «Медовый»
x_3	Торт «Поляна»
x_4	Торт «Праздничный»
x_5	Торт «Сказка»
x_6	Торт «Наполеон»
x_7	Торт «Солнышко»
x_8	Торт «Низкокалорийный»

Найти

- 1) множество $C =$
= «торт без сливок»;
- 2) множество $D =$
«торт с повидлом и сливками»;
- 3) множество $E =$
«торт без повидла или со сливками»;
- 4) степень включения

множества «торт с повидлом» в множество «торт с повидлом или без сливок» (и наоборот);

- 5) степень равенства множества «торт без повидла, но со сливками» и множества «торт без повидла и без сливок»;
- 6) множество $F =$ «торт с очень большим содержанием сливок»;
- 7) множество $G =$ «торт более-менее содержащий повидло»;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 18

Дано универсальное множество $U = \{\text{торты}\}$, два нечетких множества:

$A = \langle \text{торт со сливками} \rangle =$

$$= \{x_1/0; x_2/0; x_3/0.7; x_4/1; x_5/0.3; x_6/0.2; x_7/0.8; x_8/0.9\};$$

$B = \langle \text{торт с сахарной пудрой} \rangle =$

$$= \{x_1/0.2; x_2/1; x_3/0.4; x_4/0.8; x_5/0.4; x_6/0.9; x_7/0; x_8/0.1\},$$

где

x_1	Торт «Ягодный»
x_2	Торт «Медовый»
x_3	Торт «Поляна»
x_4	Торт «Праздничный»
x_5	Торт «Сказка»
x_6	Торт «Наполеон»
x_7	Торт «Солнышко»
x_8	Торт «Низкокалорийный»

Найти

- 1) множество $C =$ «торт без сахарной пудры»;
- 2) множество $D =$ «торт с сахарной пудрой и сливками»;
- 3) множество $E =$ «торт без сливок или без сахарной

пудры»;

- 4) степень включения множества «торт с сахарной пудрой» в множество «торт без сливок» (и наоборот);
- 5) степень равенства множества «торт без сахарной пудры и без сливок» и множества «торт со сливками»;
- 6) множество $F =$ «торт с очень большим содержанием сахарной пудры»;
- 7) множество $G =$ «торт более-менее содержащий сливки»;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 19

Дано универсальное множество $U = \{\text{собаки}\}$, два нечетких множества:

$A = \langle \text{лохматая собака} \rangle =$

$$= \{x_1/0.9; x_2/0.7; x_3/0.2; x_4/1; x_5/0.1; x_6/0.5; x_7/0.8; x_8/0.2\};$$

$B = \langle \text{вислоухая собака} \rangle =$

$$= \{x_1/0.5; x_2/0.2; x_3/0; x_4/0.4; x_5/0; x_6/0.7; x_7/0.8; x_8/0\},$$

где

x_1	Болонка
x_2	Водолаз
x_3	Овчарка
x_4	Пудель
x_5	Доберман
x_6	Терьер
x_7	Йоркшир
x_8	Ротвейлер

Найти

- 1) множество $C =$ «нелохматая собака»;
- 2) множество $D =$ «лохматая и невислоухая собака»;
- 3) множество $E =$ «нелохматая или вислоухая собака»;
- 4) степень включения множества «лохматая и вислоухая собака» в множество «нелохматая и невислоухая собака» (и наоборот);
- 5) степень равенства множества «нелохматая и вислоухая собака» и множества «вислоухая собака»;
- 6) множество $F =$ «очень лохматая собака»;
- 7) множество $G =$ «более-менее вислоухая собака»;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 20

Дано универсальное множество $U = \{\text{собаки}\}$, два нечетких множества:

$A = \text{«собака с длинным хвостом»} =$

$$= \{x_1/0.2, x_2/0.7, x_3/0.8, x_4/0.4, x_5/0.7, x_6/0.1, x_7/0.3, x_8/0\};$$

$B = \text{«вислоухая собака»} =$

$$= \{x_1/0.5, x_2/0.2, x_3/0, x_4/0.4, x_5/0, x_6/0.7, x_7/0.8, x_8/0\},$$

где

x_1	Болонка
x_2	Водолаз
x_3	Овчарка
x_4	Пудель
x_5	Доберман
x_6	Терьер
x_7	Йоркшир
x_8	Ротвейлер

Найти

- 1) множество $C = \text{«собака с коротким хвостом»}$;
- 2) множество $D = \text{«невислоухая собака с коротким хвостом»}$;
- 3) множество $E = \text{«собака с длинным хвостом или невислоухая собака»}$;
- 4) степень включения множества «невислоухая собака с длинным хвостом» в множество «собака с длинным хвостом» (и наоборот);
- 5) степень равенства множества «вислоухая собака или собака с коротким хвостом» и множества «вислоухая собака»;
- 6) множество $F = \text{«собака с очень длинным хвостом»}$;
- 7) множество $G = \text{«более-менее вислоухая собака»}$;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 21

Дано универсальное множество $U = \{\text{торты}\}$, множества:

$A = \text{«торт с орехами»} =$

$$= \{x_1/0, x_2/0.5, x_3/1, x_4/0.7, x_5/0.2, x_6/0.4, x_7/0.8, x_8/0\};$$

$B = \text{«торт с сахарной пудрой»} =$

$$= \{x_1/0.2, x_2/1, x_3/0.4, x_4/0.8, x_5/0.4, x_6/0.9, x_7/0, x_8/0\};$$

где

x_1	Торт «Ягодный»
x_2	Торт «Медовый»
x_3	Торт «Поляна»
x_4	Торт «Праздничный»
x_5	Торт «Сказка»
x_6	Торт «Наполеон»
x_7	Торт «Солнышко»
x_8	Торт «Низкокалорийный»

Найти

- 1) множество «торт с орехами»;
- 2) множество «торт без сахарной пудры»;
- 3) множество «торт с орехами и с сахарной пудрой»;
- 4) степень включения множества «торт с сахарной пудрой» в множество «торт без орехов» (и наоборот);
- 5) степень равенства множества «торт без орехов» и множества «торт без орехов или без сахарной пудры»;
- 6) множество $F = \text{«торт с очень большим количеством орехов»}$;
- 7) множество $G = \text{«торт более-менее содержит сахарную пудру»}$;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 22

Дано универсальное множество $U = \{\text{собаки}\}$, два нечетких множества:

$A = \text{«лохматая собака»} =$

$$= \{x_1/0.9; x_2/0.7; x_3/0.2; x_4/1; x_5/0.1; x_6/0.5; x_7/0.8; x_8/0.2\};$$

$B = \text{«умная собака»} =$

$$= \{x_1/0.1; x_2/0.7; x_3/1; x_4/0; x_5/0.5; x_6/0.4; x_7/0.3; x_8/0.1\},$$

где

x_1	Болонка
x_2	Водолаз
x_3	Овчарка
x_4	Пудель
x_5	Доберман
x_6	Терьер
x_7	Йоркшир
x_8	Ротвейлер

Найти

- 1) множество $C = \text{«неумная собака»}$;
- 2) множество $D = \text{«нелохматая и умная собака»}$;
- 3) множество $E = \text{«лохматая или неумная собака»}$;
- 4) степень включения множества «нелохматая собака» в множество «умная собака» (и наоборот);
- 5) степень равенства множества «нелохматая и неумная собака» и

множества «неумная собака»;

- 6) множество $F = \text{«очень умная собака»}$;
- 7) множество $G = \text{«более-менее лохматая собака»}$;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 23

Дано универсальное множество $U = \{\text{собаки}\}$, два нечетких множества:

$A = \text{«собака с короткими лапами»} =$

$$= \{x_1/0.7; x_2/0.2; x_3/0.3; x_4/0.8; x_5/0.5; x_6/0.4; x_7/1; x_8/0.5\};$$

$B = \text{«умная собака»} =$

$$= \{x_1/0.1; x_2/0.7; x_3/1; x_4/0; x_5/0.5; x_6/0.4; x_7/0.3; x_8/0.1\},$$

где

x_1	Болонка
x_2	Водолаз
x_3	Овчарка
x_4	Пудель
x_5	Доберман
x_6	Терьер
x_7	Йоркшир
x_8	Ротвейлер

Найти

- 1) множество $C = \text{«собака с длинными лапами»}$;
- 2) множество $D = \text{«неумная собака с длинными лапами»}$;
- 3) множество $E = \text{«умная собака или собака с длинными лапами»}$;
- 4) степень включения множества «не умная собака» в множество «собака с короткими лапами» (и наоборот);
- 5) степень равенства множества «неумная собака с короткими лапами» и множества «умная собака или собака с длинными лапами»;
- 6) множество $F = \text{«собака с очень короткими лапами»}$;
- 7) множество $G = \text{«более-менее умная собака»}$;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Вариант 24

Дано универсальное множество $U = \{\text{торты}\}$, два нечетких множества:

$A = \text{«торт с фруктами»} =$

$$= \{x_1/0.4, x_2/0, x_3/1, x_4/0.7, x_5/0, x_6/0, x_7/0.8, x_8/0.9\};$$

$B = \text{«торт со сливками»} =$

$$= \{x_1/0, x_2/0, x_3/0.7, x_4/1, x_5/0.3, x_6/0.2, x_7/0.8, x_8/0.9\},$$

где

x_1	Торт «Ягодный»
x_2	Торт «Медовый»
x_3	Торт «Поляна»
x_4	Торт «Праздничный»
x_5	Торт «Сказка»
x_6	Торт «Наполеон»
x_7	Торт «Солнышко»
x_8	Торт «Низкокалорийный»

Найти

- 1) множество $C =$
= «торт без фруктов»;
- 2) множество $D =$
= «торт с фруктами и со сливками»;
- 3) множество $E =$
«торт без фруктов или без сливок»;
- 4) степень включения

множества «торт с фруктами» в множество «торт без фруктов и со сливками» (и наоборот);

- 5) степень равенства множества «торт без сливок или с фруктами» и множества «торт без фруктов»;
- 6) множество $F =$ «торт с очень многими фруктами»;
- 7) множество $G =$ «торт более-менее содержащий сливки»;
- 8) уменьшить нечеткость множества E ;
- 9) увеличить нечеткость множества D .

Аналитический вид

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								

Работа 3
«Нечеткие отношения»

3.1. Операции над нечеткими отношениями

Исходные данные

Нечеткие отношения A, B, E заданы в виде следующих таблиц:

A ="нравится"

	Вася	Дима	Оля	Катя
Вася	0,7	0,7	0,3	0,8
Дима	0,5	1	1	0,5
Оля	0,7	0	0	1
Катя	1	0,6	0,9	0,5

B ="красивее"

	Вася	Дима	Оля	Катя
Вася	1	0,5	0,6	0,3
Дима	0,5	1	1	0,5
Оля	0,4	0	1	0,2
Катя	0,7	0,5	0,8	1

E ="быстрее бегаёт"

	Вася	Дима	Оля	Катя
Вася	0	0,5	0,3	0,2
Дима	0,5	0	1	0,5
Оля	0,7	0	0	0,9
Катя	0,8	0,5	0,1	0

Задание

Найти все композиции нечетких отношений R_1 и R_2 , если

Вариант	R_1 и R_2
1	$R_1 = B^{-1} \cup E$ $R_2 = \overline{(A \cap B)} \cap A$
2	$R_1 = \overline{B} \cup E$ $R_2 = (A \cap B)^{-1} \cap (A \cup B)$
3	$R_1 = (A \cup B)^{-1} \cap B$ $R_2 = \overline{E} \cup (A \cap B)$
4	$R_1 = \overline{(A \cup B)} \cup A^{-1}$ $R_2 = \overline{(A \cap B)} \cap E$
5	$R_1 = (B \cap A^{-1}) \cup \overline{E}$ $R_2 = \overline{(A \cap B)} \cap (E^{-1} \cup A)$
6	$R_1 = \overline{A} \cup E^{-1}$ $R_2 = (A \cap \overline{B})^{-1} \cap \overline{E} \cup \overline{B}$
7	$R_1 = \overline{(A \cup B)}^{-1} \cap B$ $R_2 = \overline{E} \cup (A^{-1} \cap B^{-1})$
8	$R_1 = (A \cup E)^{-1} \cup \overline{B}$ $R_2 = \overline{(A \cap B)} \cup (B^{-1} \cap E)$
9	$R_1 = (B^{-1} \cup E) \cap \overline{A}$ $R_2 = \overline{(E \cap B)} \cap A^{-1}$
10	$R_1 = \overline{(A \cup E)}^{-1}$ $R_2 = (A \cap B)^{-1} \cup \overline{(A \cup B)}$

Вариант	R_1 и R_2
11	$R_1 = (E \cup B)^{-1} \cap \bar{B}$ $R_2 = \bar{A} \cup (A \cap E)^{-1}$
12	$R_1 = (A \cup B^{-1})^{-1}$ $R_2 = (E^{-1} \cap \bar{B}) \cap A$
13	$R_1 = B^{-1} \cap E$ $R_2 = \overline{(A \cap B)} \cup E$
14	$R_1 = \bar{B} \cup E$ $R_2 = (A \cap E)^{-1} \cup (A \cup B)$
15	$R_1 = (A \cap B)^{-1} \cap E$ $R_2 = \bar{E} \cup (A \cap B)$
16	$R_1 = (E \cup B) \cup A^{-1}$ $R_2 = \overline{(A \cap B)} \cup B$
17	$R_1 = (B \cup A^{-1}) \cap \bar{E}$ $R_2 = \overline{(A \cap B)} \cup (E^{-1} \cup B)$
18	$R_1 = \bar{A} \cap E^{-1}$ $R_2 = (A \cup \bar{B})^{-1} \cap \overline{E \cup B}$
19	$R_1 = \overline{(A \cup E)^{-1}} \cap B$ $R_2 = \bar{E} \cap (A^{-1} \cup B^{-1})$
20	$R_1 = (A \cap E)^{-1} \cup \bar{B}$ $R_2 = \overline{(A \cup B)} \cap (B^{-1} \cap E)$
21	$R_1 = (B^{-1} \cap E) \cup \bar{A}$ $R_2 = \overline{(A \cap B)} \cap E^{-1}$

Вариант	R_1 и R_2
22	$R_1 = (\bar{A} \cap E)^{-1}$ $R_2 = (A \cup B)^{-1} \cap \overline{(E \cup B)}$
23	$R_1 = (E \cap B)^{-1} \cup \bar{B}$ $R_2 = \bar{A} \cup (A \cup E)^{-1}$
24	$R_1 = (A \cap B^{-1})^{-1}$ $R_2 = (E^{-1} \cap \bar{B}) \cup A$

Решение

Отношение R_1 (вставить условие своего варианта)

	Вася	Дима	Оля	Катя
Вася				
Дима				
Оля				
Катя				

Отношение R_2 (вставить условие своего варианта)

	Вася	Дима	Оля	Катя
Вася				
Дима				
Оля				
Катя				

Максиминная композиция

	Вася	Дима	Оля	Катя
Вася				
Дима				
Оля				
Катя				

Минимаксная композиция

	Вася	Дима	Оля	Катя
Вася				
Дима				
Оля				
Катя				

Максимумьпликативная композиция

	Вася	Дима	Оля	Катя
Вася				
Дима				
Оля				
Катя				

3.2. Свойства нечетких отношений

Исходные данные

Отношение R_1 (вставить условие своего варианта)

	Вася	Дима	Оля	Катя
Вася				
Дима				
Оля				
Катя				

Отношение R_2 (вставить условие своего варианта)

	Вася	Дима	Оля	Катя
Вася				
Дима				
Оля				
Катя				

Задание

Для нечетких отношений R_1 и R_2 определить их свойства.

Решение

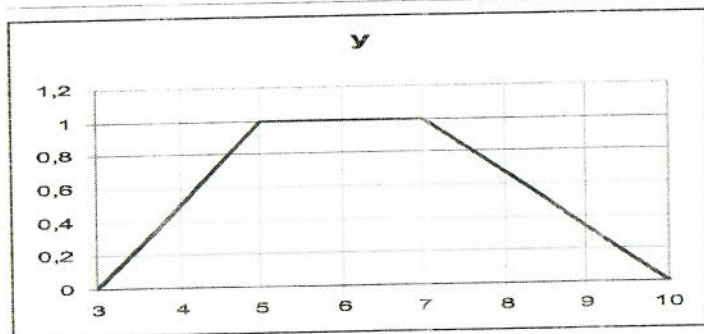
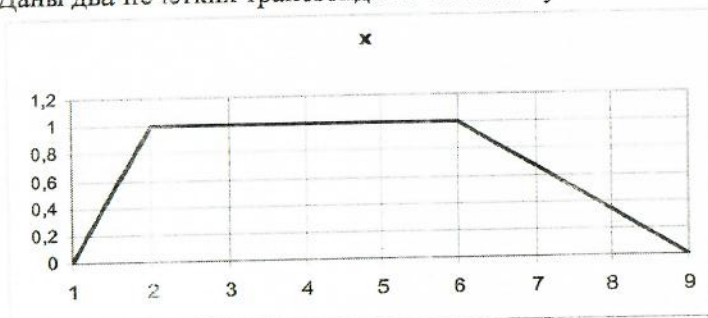
Свойство		R_1	R_2
Рефлексивность	рефлексивное		
	иррефлексивное		
Симметричность	симметричное		
	антисимметричное		
	совершенно антисимметричное		
Транзитивность	транзитивное		

Работа 4
«Нечеткие числа. Нечеткий логический вывод»

4.1. Операции над нечеткими числами

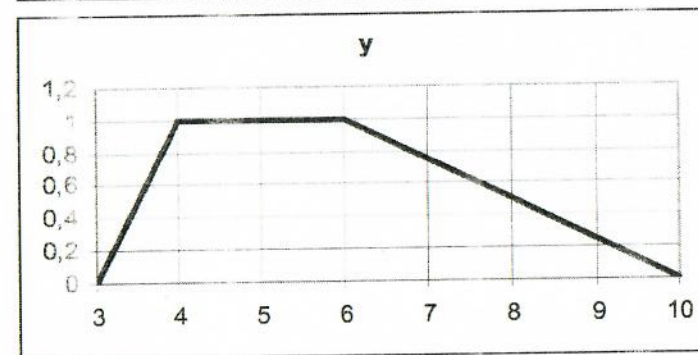
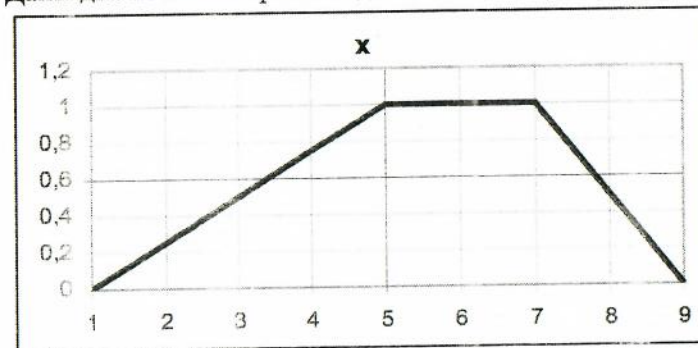
Исходные данные (варианты 1–12)

Даны два нечетких трапезоидных числа x и y .



Исходные данные (варианты 13–24)

Даны два нечетких трапезоидных числа x и y .



Задание

Найти нечеткое число $z = x \cdot y$, используя принцип обобщения Заде на заданных дискретах.

Вариант 1

	Дискреты				
x	1	2	4	6	7
y	3	4	5	6	7

Вариант 2

Дискреты					
x	2	3	7	8	9
y	4	5	7	8	10

Вариант 3

Дискреты					
x	1	2	3	6	8
y	3	5	7	8	9

Вариант 4

Дискреты					
x	1	2	7	8	9
y	5	6	8	9	10

Вариант 5

Дискреты					
x	3	5	7	8	9
y	3	6	7	8	9

Вариант 6

Дискреты					
x	1	2	4	6	7
y	3	4	5	6	7

Вариант 7

Дискреты					
x	2	5	7	8	9
y	4	6	7	8	10

Вариант 8

Дискреты					
x	2	3	4	7	8
y	4	5	6	7	8

Вариант 9

Дискреты					
x	4	5	6	7	9
y	3	6	8	9	10

Вариант 10

Дискреты					
x	1	4	7	8	9
y	3	4	6	8	10

Вариант 11

Дискреты					
x	3	5	6	8	9
y	3	5	8	9	10

Вариант 12

Дискреты					
x	1	4	7	8	9
y	5	6	7	9	10

Вариант 13

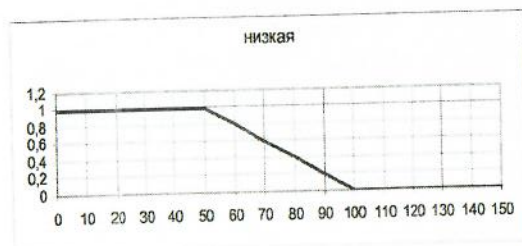
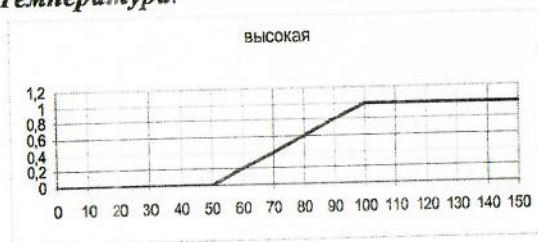
Дискреты					
x	1	2	4	6	7
y	3	4	5	6	7

4.2. Нечеткий логический вывод

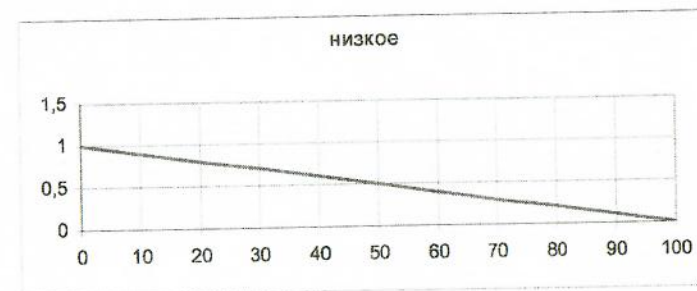
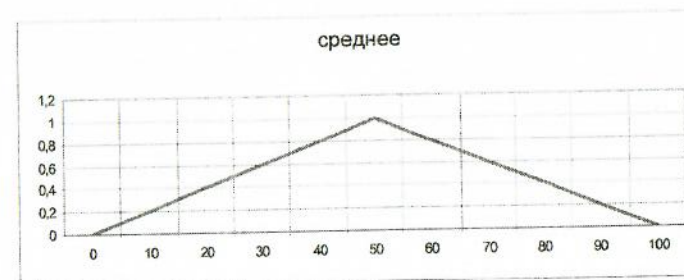
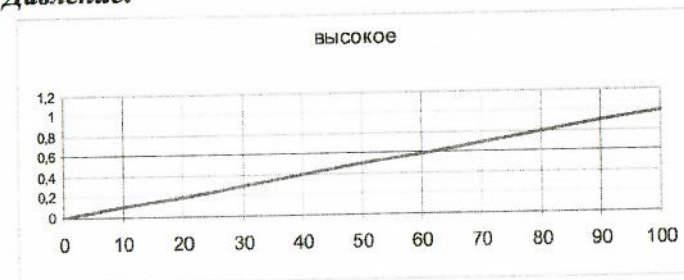
Исходные данные (варианты 1–12)

Пусть существует некоторая система, описываемая тремя параметрами: температура, давление и расход рабочего вещества. Все показатели измеримы, и множество возможных значений известно.

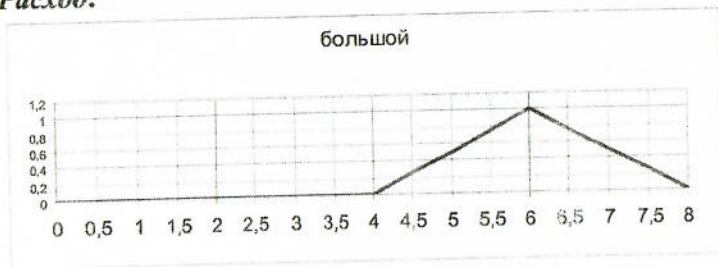
Температура:



Давление:



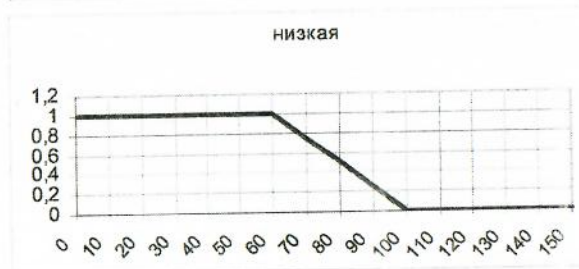
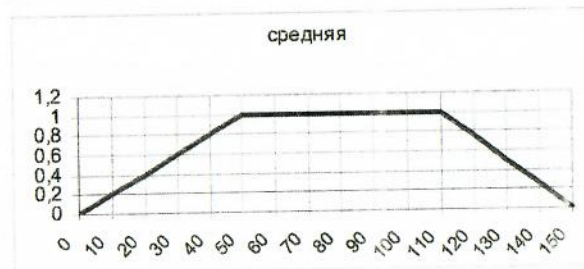
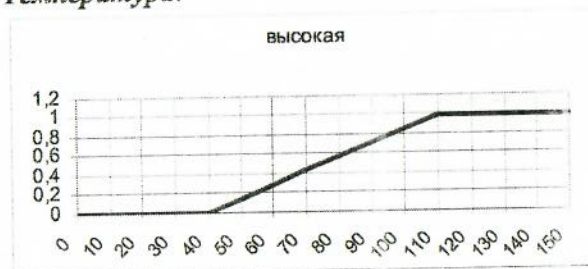
Расход:



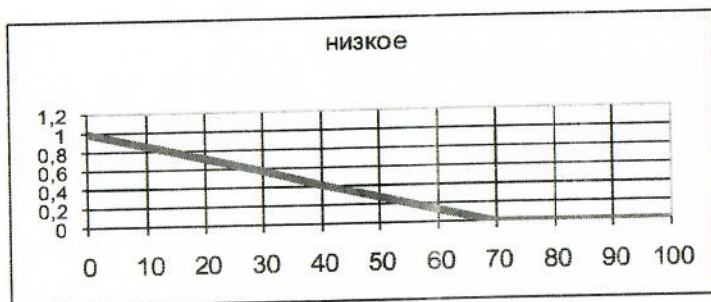
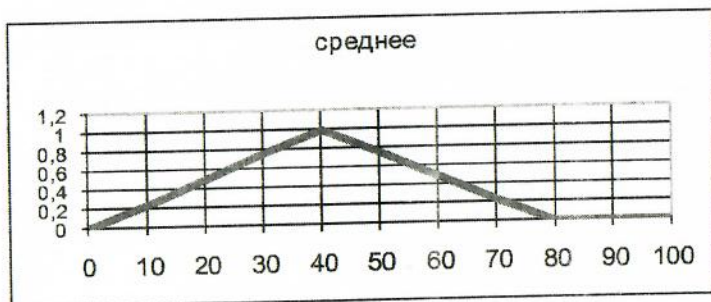
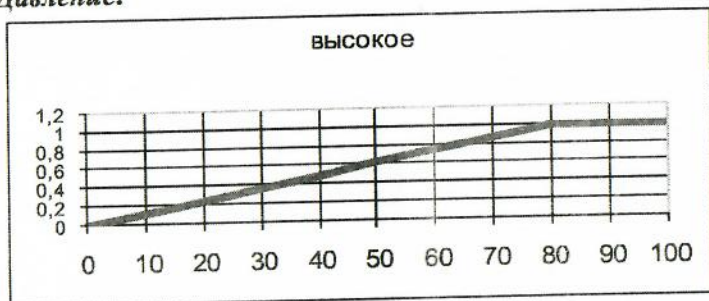
Исходные данные (варианты 12-24)

Существует некоторая система, описываемая тремя параметрами: температура, давление и расход рабочего вещества. Все показатели измеримы, и множество возможных значений известно.

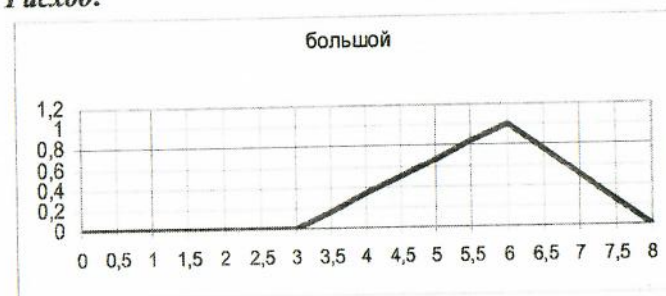
Температура:



Давление:



Расход:



Из опыта работы с системой известны некоторые правила, связывающие значения этих параметров.

- если температура низкая и расход малый, то давление низкое;

- если температура средняя, то давление среднее;
- если температура высокая или расход большой, то Давление высокое.

Задание

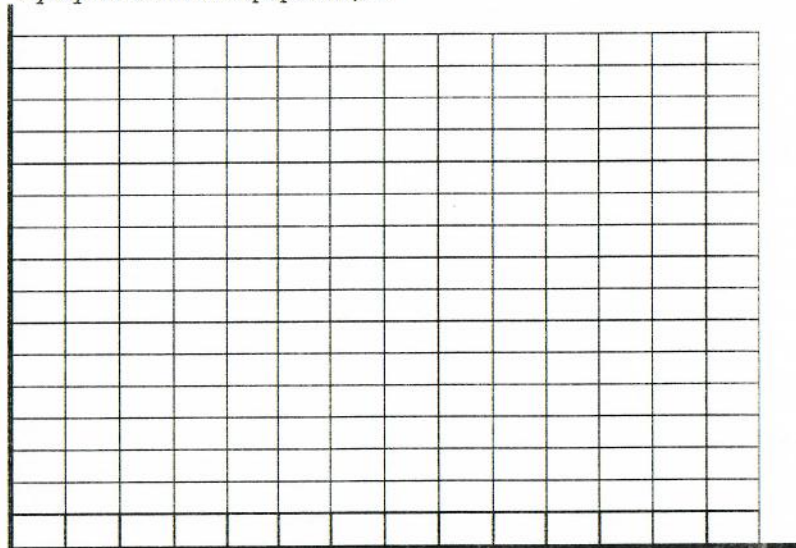
Найти значение параметра «давление», если значения температуры и расхода равны соответственно:

Вариант	Температура	Расход
1	60	3
2	90	4,5
3	65	3
4	75	5,5
5	120	1
6	80	6,5
7	50	7
8	55	8
9	45	4,5
10	60	6,5
11	85	7
12	70	3,5
13	60	3
14	90	4,5
15	65	3
16	75	5,5
17	120	1
18	80	6,5
19	50	7
20	55	8
21	45	4,5
22	60	6,5
23	85	7
24	70	3,5

Значение параметра «давление» найти четырьмя способами: MF (максимум функции принадлежности, только если функция принадлежности получилась одноэкстремальной), COG (*Center Of Gravity* – «центр тяжести», для приближенного решения использовать не менее 10 значений), MOM (*Mean Of Maximum* – «центр максимумов»), FM (*First Maximum* – «первый максимум»).

При решении использовать импликацию в интерпретации Мамдани.

Графическая интерпретация



Решение

	MF	COG	MOM	FM
Давление =				

4.3. Упорядочение операторов импликации

Исходные данные

В таблице показаны различные интерпретации понятия оператора импликации:

Larsen	$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \mu_A(x)\mu_B(y)$
Lukasiewicz	$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \min\{1, 1 - \mu_A(x) + \mu_B(y)\}$
Mamdani	$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\}$
Standard Strict (Godel)	$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{если } \mu_A(x) \leq \mu_B(y) \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$
Gaines	$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{если } \mu_A(x) \leq \mu_B(y) \\ \frac{\mu_B(y)}{\mu_A(x)}, & \text{в противном случае} \end{cases}$
Kleene-Dienes	$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \max\{1 - \mu_A(x), \mu_B(y)\}$
Kleene-Dienes-Lu	$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = 1 - \mu_A(x) + \mu_A(x)\mu_B(y)$

Задание

Проверить на 10 наборах $\mu_A(x), \mu_B(y)$ (с точностью до двух знаков после запятой!!!), можно ли упорядочить представленные интерпретации.

Аналитический вид

Графический вид



Тестовые задания для самопроверки

Тема 1 «Введение в теорию нечетких моделей»

<i>Один верный ответ</i>	
1	Кто является основателем теории нечетких множеств и нечеткой логики?
	A Кайберг
	B Гасанов
	C Заде
	D Кантор
2	Импликативные схемы – это:
	A логико-вероятностные схемы дедуктивного вывода вероятностей простых событий на основе перебора сложного множества данных гипотез о реализации простых событий, входящих составными частями в исследуемое простое событие
	B логико-вероятностные схемы дедуктивного вывода интегральных вероятностей сложных событий на основе перебора полного множества исходных гипотез о реализации простых событий, входящих составными частями в исследуемое сложное событие
	C схемы индуктивного вывода интегральных вероятностей событий на основе выбора полного множества исходных гипотез о реализации данных событий, входящих частями в исследуемое событие
	D вероятностные схемы индуктивного вывода интегральных вероятностей простых событий на основе перебора полного множества исходных гипотез о реализации простых событий, входящих составными частями в исследуемое сложное событие
3	Фундаментальный принцип современной науки – явление нельзя считать хорошо понятным до тех пор, пока:
	A оно не описано посредством не качественных характеристик

	B	оно не описано посредством не количественных характеристик
	C	оно не описано посредством количественных характеристик
	D	оно не описано посредством качественных характеристик
4	В методе Гурвица учитываются:	
	A	наилучший и наихудший сценарии совместно
	B	наилучшие сценарии
	C	наихудшие сценарии
	D	нет правильного ответа
<i>Несколько верных ответов</i>		
5	Нечеткие модели имеют следующие отличительные черты:	
	A	использование так называемых лингвистических переменных вместо числовых переменных или в дополнении к ним
	B	простые отношения между переменными описываются с помощью нечетких высказываний
	C	отношение между переменными описываются простыми алгоритмами
	D	сложные отношения между переменными описываются нечеткими алгоритмами
	E	все ответы верны
6	Использовать нечеткие механизмы моделирования можно:	
	A	при описании переменных
	B	при описании системы
	C	при задании параметров системы
	D	при задании входов (выходов) состояний системы
	E	все ответы верны
7	Сфера применения нечетких моделей:	
	A	получение информации сложно, трудно, долго, дорого, невозможно
	B	получение информации возможно, легко, быстро, дешево

	С	источником основной информации являются экспертные данные, эвристические описания процессов функционирования
	D	источником основной информации являются заданные параметры
	E	информация о системе разнокачественная, или оценка параметров, проводится с использованием разных шкал
8		Благодаря чьим работам появились субъективные (аксиологические) вероятности?
	A	Пойа
	B	Фишер
	C	де Финетти
	D	Сэвидж
	E	Финерр
<i>Практические задания</i>		
9		Определить, какие нечеткие (возможные) значения подходят для температуры $\{-40^{\circ}\text{C}; 40^{\circ}\text{C}\}$:
	A	холодно
	B	жарко
	C	тепло
	D	все ответы верны
10		Определить, какие базовые (точные) значения подходят для нечеткого множества «Зима»:
	A	январь, май, апрель
	B	июнь, июль, август
	C	декабрь, январь, февраль
	D	сентябрь, октябрь, март

Ответы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Тема 2 «Основные понятия нечетких множеств»

<i>Один верный ответ</i>		
1		Функция принадлежности нечеткого множества $\mu_A(x)$:
	A	задает степень принадлежности каждого элемента x пространства рассуждения U к данному нечеткому множеству A
	B	совокупность абстрактных сущностей или объектных переменных
	C	совокупность пар $\langle x, \mu_A(x) \rangle$, где U – область рассуждений, $\mu_A(x)$ – область принадлежности
	D	задает степень принадлежности одного элемента x пространства рассуждения U к данному нечеткому множеству A
2		Нечеткое множество A называется унимодальным, если:
	A	$\mu_A(x) = 1$ только для единственного $x \in U$
	B	$\mu_A(x) = 1$ для многих значений $x \in U$
	C	$\forall x \in U : \mu_A(x) = 0$
	D	его носитель состоит из единственной точки
3		Чему равняется $\mu_A(x)$ в точке перехода нечеткого множества A ?
	A	$\mu_A(x) = 0$
	B	$\mu_A(x) = 0,25$
	C	$\mu_A(x) = 0,5$
	D	$\mu_A(x) = 0,75$
4		Нечеткое множество A называется пустым, если:
	A	$\forall x \in U : \mu_A(x) = 0$
	B	$\forall x \in U : \mu_A(x) > 0$
	C	$\forall x \in U : \mu_A(x) = 1$
	D	$\forall x \in U : \mu_A(x) = 0,5$

Несколько верных ответов	
5	Высота $h(A)$ нечеткого множества A
A	величина супремума для значений функции принадлежности подмножества A области рассуждений U
B	величина инфимума для значений функции принадлежности подмножества A области рассуждений U
C	это число, которое в случае дискретного универсума определяется как сумма всех степеней принадлежности нечеткого множества
D	величина, равная верхней границе всех степеней нечеткого множества
E	значение в любой точке любого отрезка $[0,1]$
F	элемент с ненулевой степенью принадлежности
6	Какой функцией принадлежности задается четкое множество A^* , ближайшее к нечеткому множеству A ?
A	$\mu_{A^*}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,4; \\ \frac{x-0,4}{0,6-0,4}, & 0,4 \leq x \leq 0,6; \\ 1, & x > 0,6 \end{cases}$
B	$\mu_{A^*}(x) = \begin{cases} 0, & \mu_A(x) < 0,55; \\ 1, & \mu_A(x) > 0,55; \\ 0 \text{ или } 1, & \text{иначе} \end{cases}$
C	$\mu_{A^*}(x) = \begin{cases} 0, & \mu_A(x) < 0,5; \\ 1, & \mu_A(x) \geq 0,5 \end{cases}$
D	$\mu_{A^*}(x) = \begin{cases} 0, & \mu_A(x) \leq 0,5; \\ 1, & \mu_A(x) > 0,5 \end{cases}$

	E	$\mu_{A^*}(x) = \begin{cases} 1, & x < 0,4; \\ \frac{0,6-x}{0,6-0,4}, & 0,4 \leq x \leq 0,6; \\ 0, & x > 0,6 \end{cases}$
7	Функция принадлежности нечеткого множества $\mu_A(x)$:	
	A	задает степень принадлежности каждого элемента x пространства рассуждения U к данному нечеткому множеству A
	B	задает степень принадлежности одного элемента x пространства рассуждения U к данному нечеткому множеству A
	C	совокупность абстрактных сущностей или объектных переменных
	D	совокупность пар $\langle x, \mu_A(x) \rangle$, где U – область рассуждений, $\mu_A(x)$ – область принадлежности
	E	представляет собой обобщение характеристической функции классического множества, которая принимала значения 0 или 1
8	Нечеткое множество A содержится в нечетком множестве B :	
	A	множество A является подмножеством B
	B	$A \subset B \Leftrightarrow \mu_A(x) \leq \mu_B(x), x \in U$
	C	$A = B \Leftrightarrow \mu_A(x) = \mu_B(x), \forall x \in U$
	D	множество B является подмножеством A
	E	значение функции принадлежности любого элемента $x \in U$ к множеству A равно значению функции принадлежности этого элемента к множеству B
	F	значение функции принадлежности любого элемента $x \in U$ к множеству A меньше или равно значению функции принадлежности этого элемента к множеству B

Практические задания

9	Шторм оценивается по 10-балльной системе – $U=[0,10]$. [3,10] – шторм, [5,10] – буря. Найти точки перехода:
A	3 и 7
B	4 и 8
C	4 и 6
D	2 и 5
10	$U = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$ $A = \text{«несколько»} = \{0,5/3, 0,8/4, 1/5, 0,9/6, 0,8/7, 0,5/8\}$ Каким является данное множество?
A	нормальным
B	субнормальным
C	пустым
D	непустым
E	униmodalным
F	одноточечным

Ответы:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Тема 3 «Основные операции над нечеткими множествами»

Один верный ответ

1	Каким необходимым свойством должны обладать операции, определенные для нечетких множеств?
A	результатом всех операции над нечеткими множествами должны являться 1 или 0
B	все операции над нечеткими множествами не имеют смысловой интерпретации
C	все операции над нечеткими множествами должны обобщать соответствующие операции над обычными множествами
D	все операции над нечеткими множествами должны иметь только один способ их вычисления
2	Какой из формул соответствует ограниченная операция пересечения нечетких множеств?
A	$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$
B	$\mu_{A \cap B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$
C	$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x)\mu_B(x)$
D	нет правильного ответа
3	Степенью включения нечеткого множества A в нечеткое множество B называется величина, $T = \{x \in U, \mu_A(x) > \mu_B(x)\}$
A	$\eta(A \subset B) = 1 - \max_{x \in T} (\mu_A(x) - \mu_B(x))$
B	$\eta(A \subset B) = \min_{x \in T} (\mu_A(x) - \mu_B(x))$
C	$\eta(A \subset B) = 1 - \max_{x \in T} (\mu_A(x) - \mu_B(x) + \mu_A(x)\mu_B(x))$
D	$\eta(A \subset B) = 1 + \max_{x \in T} (\mu_A(x)\mu_B(x))$
4	Нечеткое множество A является подмножеством B , если:
A	каждый элемент B есть элемент A

	B	для всех элементов U значение функции принадлежности к множеству B больше или равно значению функции принадлежности к множеству A
	C	для всех элементов U значение функции принадлежности к множеству B меньше или равно значению функции принадлежности к множеству A
	D	для всех элементов U значение функции принадлежности к A совпадает со значением функции принадлежности к множеству B
<i>Несколько верных ответов</i>		
5	Какие из перечисленных операций над нечеткими множествами могут быть произведены?	
	A	включение
	B	дополнение
	C	композиция
	D	равенство
	E	проекция
	F	разность
6	Дизъюнктивная сумма двух нечетких множеств определяется по следующей формуле:	
	A	$A \oplus B = (A - B) \cup (B - A)$
	B	$A \oplus B = (A \cap \bar{B}) \cup (\bar{A} \cap B)$
	C	$A \oplus B = (A - B) \cup (B - \bar{A})$
	D	$A \oplus B = (A \cap \bar{B}) \cup (\bar{A} \cap B)$
	E	$A \oplus B = (A \cap \bar{B}) \cup (A \cap B)$
7	Свойствами дизъюнктивной суммы являются:	
	A	эквивалентность
	B	любое множество обратно само себе относительно операции симметрической разности
	C	идемпотентность
	D	коммутативность
	E	рефлексивность
	F	транзитивность

8	Укажите верные операции для пересечения нечетких множеств:	
	A	$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$
	B	$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{1, \mu_A(x) + \mu_B(x)\}$
	C	$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x)\mu_B(x)$
	D	$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x)\mu_B(x) - \mu_A(x) + \mu_B(x)$
	E	$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x)\mu_B(x)$
	F	$\mu_{A \cap B}(x) = \max\{0, \mu_A(x) + \mu_B(x) - 1\}$
<i>Практические задания</i>		
9	Определите степень включения нечеткого множества A в нечеткое множество B : $A = \{ \langle 0,2/x_2 \rangle, \langle 0,7/x_3 \rangle, \langle 0,5/x_5 \rangle \};$ $B = \{ \langle 0,9/x_1 \rangle, \langle 0,4/x_2 \rangle, \langle 0,5/x_3 \rangle, \langle 0,8/x_5 \rangle \}$	
	A	0,8
	B	0,7
	C	0
	D	1
10	Даны два нечетких множества: $A = \{(15,1), (16,0.9), (17,0.8), (18,0.4), (19,0.3), (20,0)\}$ $B = \{(15,0), (16,0.1), (17,0.2), (18,0.6), (19,0.7), (20,1)\}$ Найдите максимальное объединение этих множеств:	
	A	$\{(15,0), (16,0.1), (17,0.3), (18,0.9), (19,0.), (20,1)\}$
	B	$\{(15,0.6), (16,0.4), (17,0.7), (18,0.2), (19,0.1), (20,1)\}$
	C	$\{(15,0), (16,0.1), (17,0.2), (18,0.4), (19,0.3), (20,0)\}$
	D	$\{(15,1), (16,0.9), (17,0.8), (18,0.6), (19,0.7), (20,1)\}$

Ответы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Тема 4 «Дополнительные операции над нечеткими множествами»

<i>Один верный ответ</i>	
1	Степенью e нечеткого множества A называется нечеткое множество:
A	$A^e = \{ \langle x^e, \mu_A(x) \rangle \}$
B	$A^e = \{ \langle x, \mu_A^e(x) \rangle \}$
C	$A^e = \{ \langle x^e, \mu_A(x^e) \rangle \}$
D	$A^e = \{ \langle x, \mu_A(x^e) \rangle \}$
2	В естественном языке применение операции растяжения к значению лингвистической переменной соответствует использованию слов:
A	«достаточно» или «более-менее»
B	«очень-очень» или «совсем»
C	«сильнее» или «более»
D	«средне» или «вполне»
3	Какая операция уменьшает нечеткость нечеткого множества?
A	отрицание
B	растяжение
C	контрастная интенсификация
D	строгое отрицание
4	Пусть задано некоторое отображение $\lambda: [0,1] \rightarrow [0,1]$. Это отображение будет называться оператором отрицания в теории нечетких множеств, если выполняются следующие условия:
A	$\lambda(0) = 0, \lambda(1) = 1$ и $\mu_A \geq \mu_B \Rightarrow \lambda(\mu_A) \leq \lambda(\mu_B)$
B	$\lambda(0) = 1, \lambda(1) = 0$ и $\mu_A \leq \mu_B \Rightarrow \lambda(\mu_A) \leq \lambda(\mu_B)$
C	$\lambda(0) = 0, \lambda(1) = 1$ и $\mu_A \leq \mu_B \Rightarrow \lambda(\mu_A) \geq \lambda(\mu_B)$
D	$\lambda(0) = 1, \lambda(1) = 0$ и $\mu_A \leq \mu_B \Rightarrow \lambda(\mu_A) \geq \lambda(\mu_B)$

<i>Несколько верных ответов</i>	
5	Отрицание называется строгим, если выполняются следующие свойства:
A	$\lambda(A) = A^c$, где A – нечеткое множество
B	если $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$, то $\lambda(\mu_A(x)) \geq \lambda(\mu_B(x))$
C	если $\mu_A(x) = \mu_B(x)$, то $\lambda(\mu_A(x)) \neq \lambda(\mu_B(x))$
D	$\lambda(0) = 1, \lambda(1) = 0$
E	$\lambda(\lambda(\mu_A(x))) = \mu_A(x)$
F	$\lambda(0) = 1, \lambda(1) = 1$
6	Операция увеличения нечеткости:
A	противоположна операции контрастной интенсивности и выполняет процедуру превращения четкого множества в нечеткое или увеличения степени нечеткого множества
B	синонимична операции контрастной интенсивности и выполняет процедуру превращения четкого множества в нечеткое или увеличения степени нечеткого множества
C	противоположна операции контрастной интенсивности и выполняет процедуру превращения нечеткого множества в четкое или увеличения степени четкого множества
D	определяется следующим образом: $\Phi(A) = 2 \cdot \mu_A(x) \cdot (1 - \mu_A(x)) \cdot (0,5 - \mu_A(x)) + \mu_A(x)$
E	определяется следующим образом: $\Phi(A) = 2 \cdot \mu_A(x) \cdot (1 - \mu_A(x)) + (0,5 - \mu_A(x)) + \mu_A(x)$
F	определяется следующим образом: $\Phi(A) = 2 \cdot \mu_A(x) \cdot (1 - \mu_A(x)) \cdot (0,5 - \mu_A(x))$
7	Отрицание λ называется сжимающим отрицанием в точке μ , если выполняется неравенство:
A	$\lambda(\mu) \wedge \lambda(\lambda(\mu)) \leq \mu \leq \lambda(\mu) \vee \lambda(\lambda(\mu))$
B	$\mu \wedge \lambda(\mu) \leq \lambda(\lambda(\mu)) \leq \mu \vee \lambda(\mu)$
C	$\lambda(\mu) \wedge \lambda(\lambda(\mu)) \geq \mu \geq \lambda(\mu) \vee \lambda(\lambda(\mu))$
D	верных ответов нет
8	μ – инволютивный элемент, если:
A	$\lambda(\lambda(1-\mu)) = \mu$
B	λ – сжимающее отрицание в точке μ

	С	λ – отрицание порогового типа
	D	λ – строгое отрицание
	E	$\lambda(\lambda(\mu)) = \mu$
	F	λ – разжимающее отрицание в точке
<i>Практические задания</i>		
9		Дано нечеткое множество $A = \{x_1/0,2; x_2/1; x_3/0,7; x_4/0,5\}$. Результат применения отрицания Сугено с коэффициентом Сугено, равным 3, следующий:
	A	$\{x_1/0,5; x_2/0; x_3/0,1; x_4/0,2\}$
	B	$\{x_1/0,6; x_2/0; x_3/0,1; x_4/0,2\}$
	C	$\{x_1/0,5; x_2/0; x_3/0,3; x_4/0,4\}$
	D	$\{x_1/0,7; x_2/0,1; x_3/0,2; x_4/0,5\}$
10		Дано нечеткое множество $A = \{x_1/0,1; x_2/1; x_3/0,8; x_4/0,4\}$. Результат применения операции контрастной интенсификации следующий:
	A	$\{x_1/0,17; x_2/1; x_3/0,7; x_4/0,45\}$
	B	$\{x_1/0,99; x_2/0; x_3/0,6; x_4/0,92\}$
	C	$\{x_1/0,02; x_2/1; x_3/0,92; x_4/0,32\}$
	D	$\{x_1/0,13; x_2/1; x_3/0,82; x_4/0,44\}$

Ответы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Тема 5 «Свойства операций над множествами»

<i>Один верный ответ</i>	
1	Треугольная конорма называется строгой, если:
A	функция \perp строго увеличивается по обоим аргументам
B	для любого нечеткого множества μ_A выполнено неравенство $\perp(\mu_A, \mu_A) \geq \mu_A$
C	функция \perp строго убывает по обоим аргументам
D	верны A и B
2	Понятие множества уровня α , представляет собой:
A	счетное число интервалов
B	объединение не более чем счетного числа интервалов
C	пересечение - $T(x, y) = x \cdot y$
D	четкое подмножество универсального множества U
3	Какой из способов можно использовать для определения среднего значения функций принадлежности множеств, если один из аргументов равен нулю?
A	$M(X, Y) = \frac{X + Y}{2}$
B	$M(X, Y) = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{X} + \frac{1}{Y} \right) = \frac{X + Y}{2 \cdot X \cdot Y}$
C	$M(X, Y) = \sqrt{X \cdot Y}$
D	$M(X, Y) = X + Y$
4	Любое нечеткое множество A можно представить в виде:
A	$A = \max_{\alpha} \alpha / A_{\alpha}$
B	$A = \max_{\alpha} \alpha \times A_{\alpha}$
C	$A = \min_{\alpha} \alpha \times A_{\alpha}$
D	$A = \min_{\alpha} \alpha / A_{\alpha}$

<i>Несколько верных ответов</i>	
5	Для каждой пары Т-норм и \perp -конорм справедливы следующие уравнения:
A	$T(x,y)=1-\perp(1/x,1/y)$
B	$T(x,y)=1-\perp(1-x,1-y)$
C	$\perp(x,y)=(1-T(1-x,1-y))^2$
D	$\perp(x,y)=1-T(1-x,1-y)$
6	Примерами треугольных \perp -конорм являются следующие операторы:
A	сумма Гамахера
B	объединение по Заде
C	алгебраическое произведение
D	ограниченная сумма
7	Примерами треугольных Т-норм являются:
A	$x \cdot y / [1 - (1-x) \cdot (1-y)]$
B	$1 - (1-x) \cdot (1-y) / (1 + x \cdot y)$
C	$x \cdot y / [1 + (1-x) \cdot (1-y)]$
D	$1 - (1-x) \cdot (1-y) / (1 - x \cdot y)$
8	Треугольная норма, удовлетворяет следующим условиям:
A	$\mu_A \leq \mu_C, \mu_B \leq \mu_D \Rightarrow T(\mu_A, \mu_B) \leq T(\mu_C, \mu_D)$
B	$\mu_A \leq \mu_C, \mu_B \geq \mu_D \Rightarrow T(\mu_A, \mu_B) \leq T(\mu_C, \mu_D)$
C	$T(\mu_A, \mu_B) \neq T(\mu_B, \mu_A)$
D	$T(\mu_A, 1) = T(1, \mu_A) = \mu_A$
<i>Практические задания</i>	
9	При $y = 0,8$ значение произведения Гамахера равно 0,10. Чему равно x ?
A	0,20
B	0,10
C	0,12
D	0,21

10	Дано исчеткос множество $A = \{x_1/0,5; x_2/0; x_3/0,7; x_4/0,8; x_5/1; x_6/0; x_7/0,4; x_8/0,2\}$. Найти $A_{0,7}$.
A	x_1, x_2, x_6, x_7, x_8
B	x_4, x_5
C	x_3, x_4, x_5
D	x_3

Отвегы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Тема 6 «Индекс нечеткости»

<i>Один верный ответ</i>	
1	В каком методе оценки нечеткости необходимо рассчитать нормировочный коэффициент $(-1/\ln 2)$?
A	аксиоматический подход
B	расстояние между нечеткими множествами
C	оценка нечеткости через энтропию
D	подсчет индекса нечеткости
2	При каких значениях степени принадлежности индекс нечеткости будет максимален?
A	$\mu_A(x) = \mu_B(x) = 0,5$
B	$\mu_A(x) = \mu_B(x) = 1$
C	$\mu_A(x) = 1$ и $\mu_B(x) = 0$
D	$\mu_A(x) = 0$ и $\mu_B(x) = 1$
3	Какая из приведенных формул описывает относительное евклидово расстояние между двумя нечеткими множествами?
A	$e'(A, B) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\sum_{i=1}^n (\mu_B(x_i) + \mu_A(x_i))^2}$
B	$e(A, B) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i))^2}$
C	$e'(A, B) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\sum_{i=1}^n (\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i))^2}$
D	нет верного ответа
4	В каких пределах изменяются значения энтропии системы после нормирования?
A	$[-1; 1]$
B	$[0; 1]$
C	$[0; \ln 2]$
D	$[-\ln 2; 0]$

Несколько верных ответов

5	При метрическом подходе к оценке нечеткости линейный индекс нечеткости возможно рассчитать следующим способом:
A	$d_r(A) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \max(\mu_A(x_i), \mu_{\bar{A}}(x_i))$
B	$d_r(A) = \frac{1}{n} \cdot r(A, A)$
C	$d_r(A) = \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n \min(\mu_A^2(x_i), \mu_{\bar{A}}^2(x_i))}$
D	$d_r(A) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \min(\mu_A(x_i), \mu_{\bar{A}}(x_i))$
6	К недостаткам оценки нечеткости через энтропию можно отнести:
A	нечеткость четкого множества U (содержащего все элементы) максимальна
B	степень нечеткости множеств (как четких, так и нечетких) минимальна (равна нулю) в случае, если имеется единственный нулевой элемент
C	рассчитанное с помощью энтропийного подхода значение степени нечеткости зависит от собственного значения функции принадлежности
D	если все элементы U имеют равную, отличную от нуля или единицы степень принадлежности (например 0,5 или 0,1), то степень нечеткости четкого множества U (содержащего все элементы) минимальна
7	Выберите выражения, являющиеся условиями того, что $r(A, B)$ – расстояние между нечеткими множествами A и B
A	$r(A, B) > 0$
B	$r(A, B) < 0$
C	$r(A, B) \leq r(A, C) + r(C, B)$
D	$r(A, B) \leq r(A, C) - r(C, B)$
E	$r(A, A) = 1$
F	$r(A, B) = r(B, A)$

8	Отметьте условия, которым должен удовлетворять функционал, определяющий, в общем виде, показатель размытости нечеткого множества:
A	$d(A) = 0 \Leftrightarrow A$ – четкое множество
B	$d(A) = d(\bar{A})$
C	$d(A \cup B) + d(A \cap B) = d(A) + d(B)$
D	$d(A)$ минимально $\Leftrightarrow \mu_A(x) = 0$ для всех $x \in U$
<i>Практические задания</i>	
9	<p>Дано универсальное множество $U = \{\text{вольеры в зоопарке}\}$</p> <p>$A = \text{«популярное»} = \{x_1/0,9; x_2/0,7; x_3/0,2; x_4/1; x_5/0,1\}$</p> <p>$B = \text{«теплое»} = \{x_1/0,3; x_2/0,1; x_3/0,5; x_4/0; x_5/0,7\}$</p> <p>Найти четкое множество, которое является ближайшим к множеству «Средне популярное и холодное»:</p>
A	$E = \{1, 1, 1, 0, 1\}$
B	$E = \{1, 1, 0, 1, 0\}$
C	$E = \{0, 0, 1, 0, 1\}$
D	$E = \{1, 0, 0, 1, 0\}$
10	<p>Дано нечеткое множество $A = \{x_1/0,1; x_2/0,7; x_3/1; x_4/0,2; x_5/0,8\}$.</p> <p>Найти энтропию данной системы:</p>
A	0,31
B	0,16
C	0,98
D	0,84

Ответы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Тема 7 «Нечеткие бинарные отношения»

<i>Один верный ответ</i>	
1	<p>Бинарным отношением R на множестве U называется:</p> <p>A некоторое подмножество U</p> <p>B некоторое подмножество декартова произведения $U \times U$</p> <p>C некоторое подмножество \bar{U}</p> <p>D такое отношение, где значение функции принадлежности $\mu_R \notin [0;1]$</p>
2	<p>Пусть на множестве $U \times U$ заданы два отношения A и B, множество A определяется матрицей $A = \ a_{ij}\$, а B – матрицей $B = \ b_{ij}\$, $C = \ c_{ij}\$</p> <p>Отношение $C = A \cup B$ называется объединением двух отношений A и B если:</p> <p>A $c_{ij} = \max(a_{ij}, b_{ij})$</p> <p>B $c_{ij} = \min(a_{ij}, b_{ij})$</p> <p>C $c_{ij} = \max(\min(a_{ij}, b_{ij}))$</p> <p>D $c_{ij} = \min(\max(\min(a_{ij}, b_{ij}))$</p>
3	<p>Каким свойством обладает бинарное отношение, если $(x, x) \in R$ для любого $x \in R$?</p> <p>A симметричность</p> <p>B рефлексивность</p> <p>C иррефлексивность</p> <p>D транзитивность</p>
4	<p>Пусть на множестве $U \times U$ заданы два отношения A и B, множество A определяется матрицей $A = \ a_{ij}\$, а B – матрицей $B = \ b_{ij}\$.</p> <p>Отношение D называется пересечением отношений A и B, если?</p> <p>A $d_{ij} = \max(1 - a_{ij}, b_{ij})$</p> <p>B $d_{ij} = \min(0, a_{ij} - b_{ij})$</p>