

НЕЧТКИЕ МНОЖЕСТВА (Fuzzy sets)

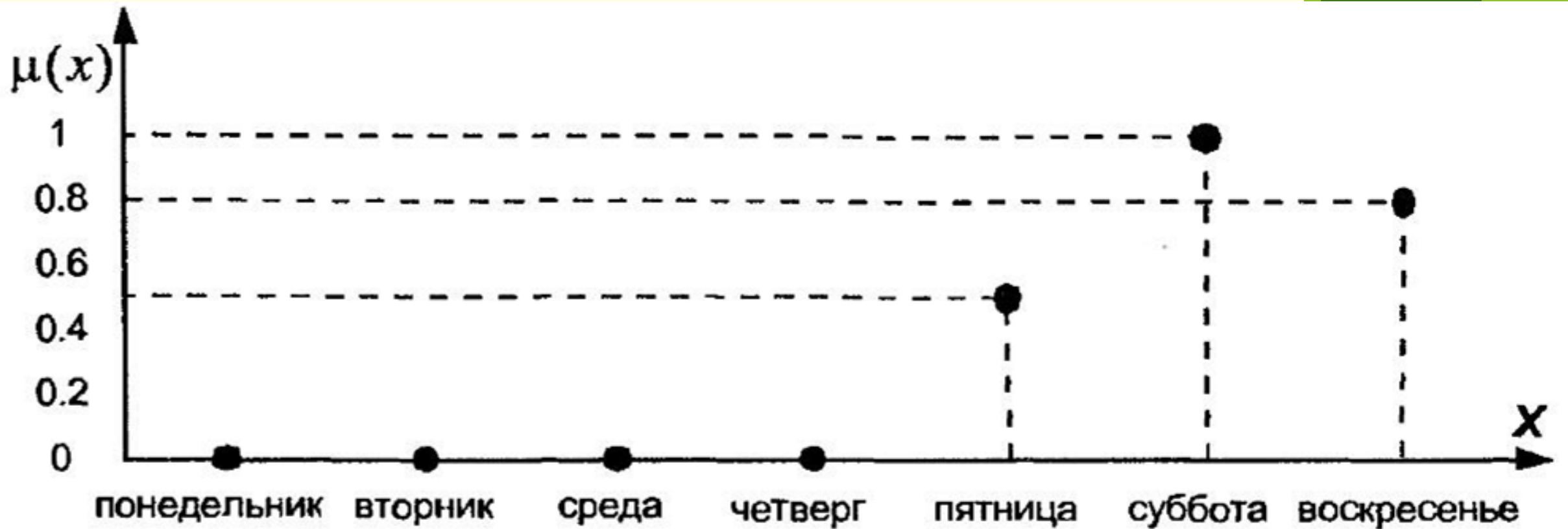
Нечеткое Множество (fuzzy set) – набор элементов произвольной природы, относительно которых нельзя с полной определенностью утверждать – принадлежит ли тот или иной элемент набора данному множеству или нет

Пусть U – полное множество, охватывающее некоторую предметную область. Пусть F – нечеткое подмножество U . Пусть функция $\mu_F(u)$, где $u \in U$, задает отображение элементов U на множество чисел в отрезке $[0, 1]$, которые указывают степень принадлежности каждого элемента нечеткому множеству F . Если множество U – конечно, то нечеткое множество F можно представить в следующем образом

$$F = \frac{\mu_F(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_F(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{\mu_F(u_n)}{u_n} = \bigsqcup_{i=1}^n \frac{\mu_F(u_i)}{u_i},$$

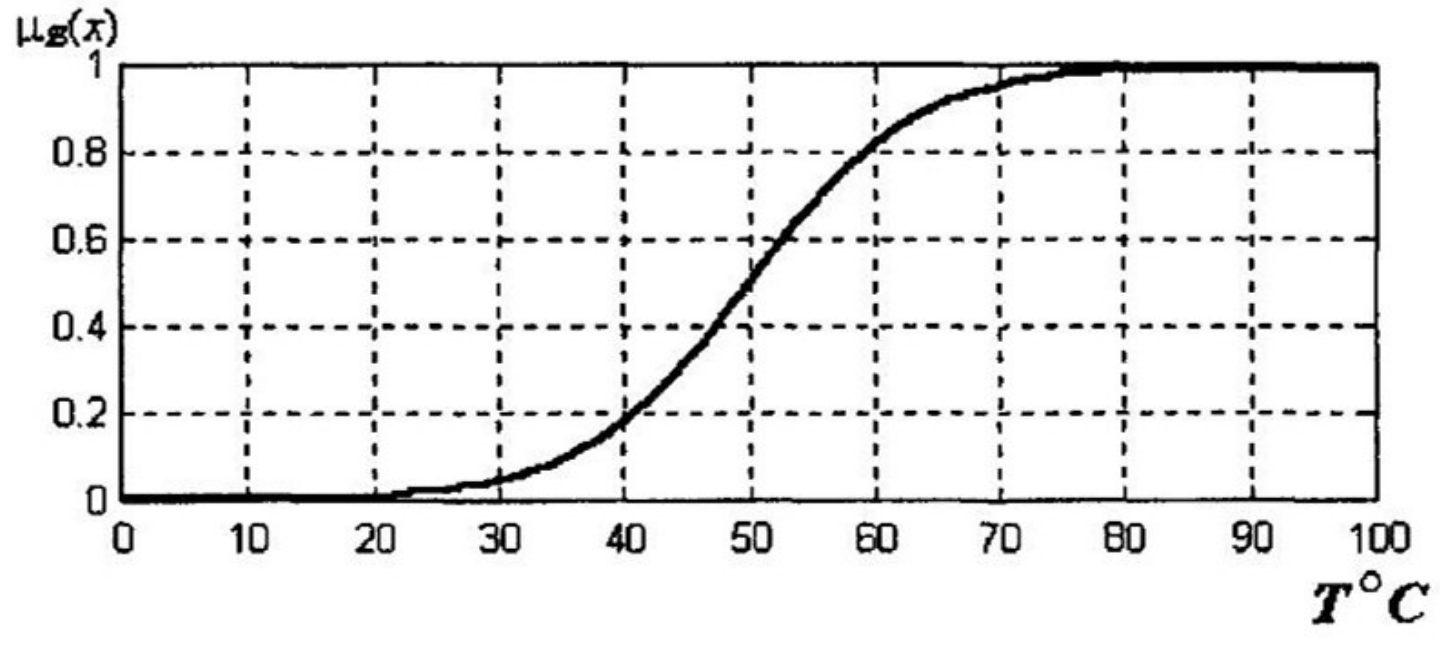
где $i \in N, n \in N$

$A \{ \langle \text{понеделник}, 0 \rangle \langle \text{вторник}, 0 \rangle$
 $\langle \text{среда}, 0 \rangle \langle \text{четверг}, 0.1 \rangle \langle \text{пятница}, 0.5 \rangle$
 $\langle \text{суббота}, 0.9 \rangle \langle \text{воскресенье}, 0.8 \rangle \}$

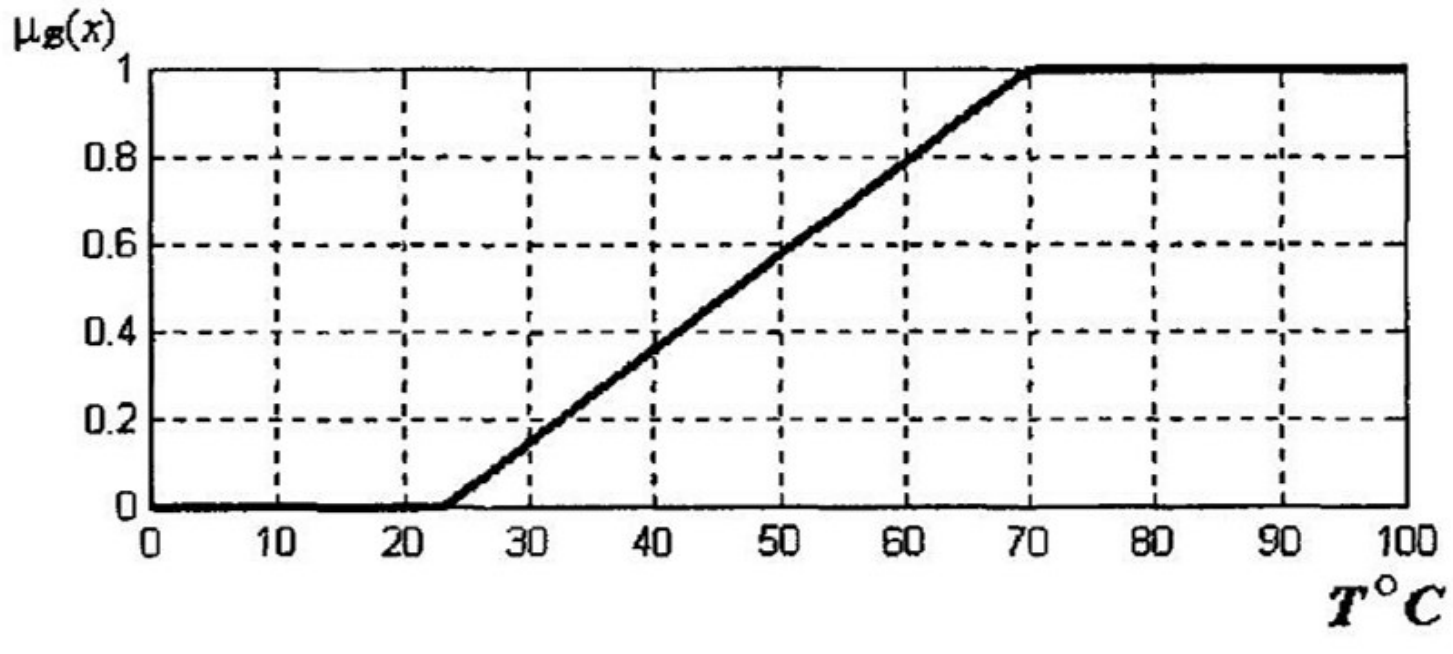




Г
О
Р
Я
Ч
И
Й



а

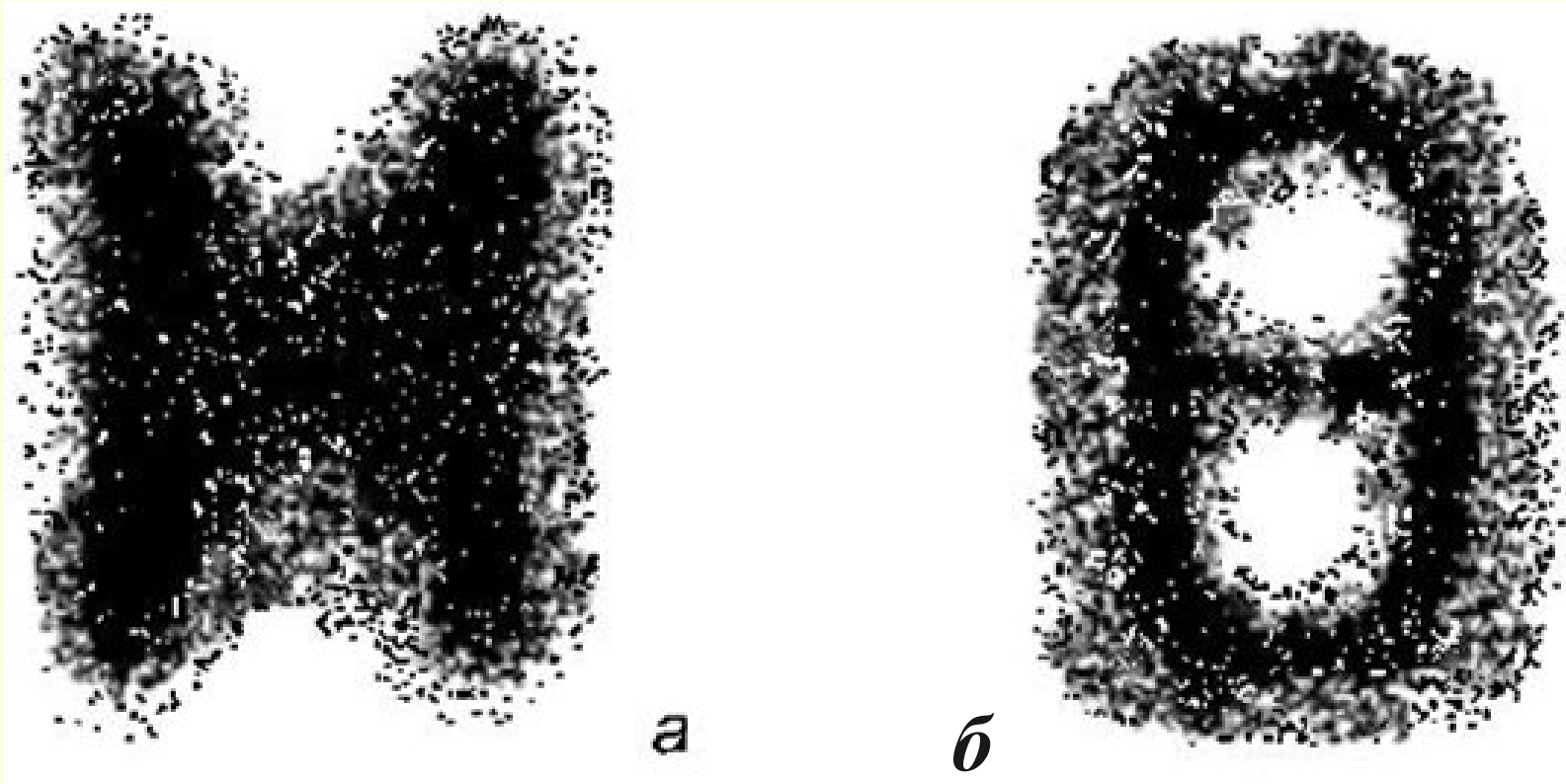


б

К
О
Ф
Е

$A = \{ \langle A, 0 \rangle, \langle B, 0 \rangle, \dots, \langle И, 1.0 \rangle, \langle Й, 0.9 \rangle, \langle К, 0.4 \rangle, \langle Л, 0 \rangle, \langle М, 1.0 \rangle, \langle Н, 1.0 \rangle, \langle О, 0 \rangle, \dots, \langle X, 0.3 \rangle, \dots, \langle Я, 0 \rangle \}$

$B = \{ \langle 1, 0 \rangle, \langle 2, 0 \rangle, \dots, \langle 3, 0.3 \rangle, \langle 4, 0.1 \rangle, \langle 5, 0.4 \rangle, \langle 6, 0.2 \rangle, \langle 7, 0.1 \rangle, \langle 8, 1.0 \rangle, \langle 9, 0.4 \rangle, \langle 10, 0 \rangle \}$



Нечеткое отношение

$Q = \{ \langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle, \mu_Q(\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle) \}$, где $\mu_Q(\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle)$

$$\mu_Q : X_1 \times X_2 \times \dots \times X_k \rightarrow [0, 1].$$

Способы задания нечетких отношений

- В форме списка с явным перечислением всех кортежей нечеткого отношения и соответствующих им значений функции принадлежности
- Аналитически в форме некоторого математического выражения для соответствующей функции принадлежности этого нечеткого отношения
- Графически в форме некоторой поверхности или совокупности отдельных точек в трехмерном пространстве
- В форме матрицы нечеткого отношения
- В форме нечеткого графа

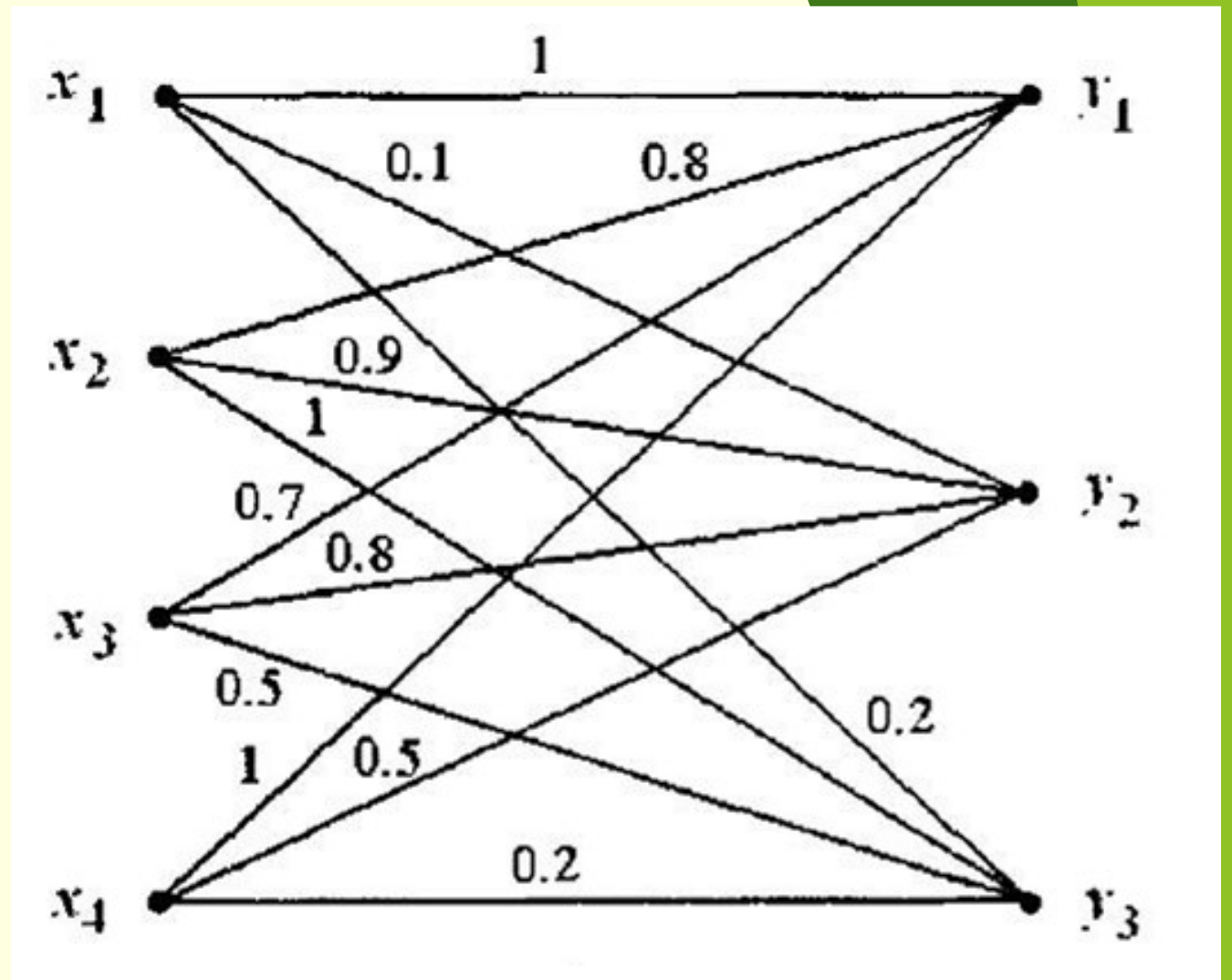
Конкретное бинарное нечеткое отношение Q_1 может быть задано в форме списка следующим образом: $Q_1 = \{(\langle 1, 1 \rangle, 1.0), (\langle 1, 2 \rangle, 0.8), (\langle 1, 3 \rangle, 0.5), (\langle 1, 4 \rangle, 0.2), (\langle 2, 1 \rangle, 0.8), (\langle 2, 2 \rangle, 1), (\langle 2, 3 \rangle, 0.8), (\langle 2, 4 \rangle, 0.5), (\langle 2, 5 \rangle, 0.2), (\langle 3, 1 \rangle, 0.5), (\langle 3, 2 \rangle, 0.8), (\langle 3, 3 \rangle, 1), (\langle 3, 4 \rangle, 0.8), (\langle 3, 5 \rangle, 0.5), (\langle 3, 6 \rangle, 0.2), (\langle 4, 1 \rangle, 0.2), (\langle 4, 2 \rangle, 0.5), (\langle 4, 3 \rangle, 0.8), (\langle 4, 4 \rangle, 1), (\langle 4, 5 \rangle, 0.8), (\langle 4, 6 \rangle, 0.5), (\langle 4, 7 \rangle, 0.2), (\langle 5, 2 \rangle, 0.2), (\langle 5, 3 \rangle, 0.5), (\langle 5, 4 \rangle, 0.8), (\langle 5, 5 \rangle, 1), (\langle 5, 6 \rangle, 0.8), (\langle 5, 7 \rangle, 0.5), (\langle 5, 8 \rangle, 0.2), (\langle 6, 3 \rangle, 0.2), (\langle 6, 4 \rangle, 0.5), (\langle 6, 5 \rangle, 0.8), (\langle 6, 6 \rangle, 1), (\langle 6, 7 \rangle, 0.8), (\langle 6, 8 \rangle, 0.5), (\langle 6, 9 \rangle, 0.2), (\langle 7, 4 \rangle, 0.2), (\langle 7, 5 \rangle, 0.5), (\langle 7, 6 \rangle, 0.8), (\langle 7, 7 \rangle, 1), (\langle 7, 8 \rangle, 0.8), (\langle 7, 9 \rangle, 0.5), (\langle 7, 10 \rangle, 0.2), (\langle 8, 5 \rangle, 0.2), (\langle 8, 6 \rangle, 0.5), (\langle 8, 7 \rangle, 0.8), (\langle 8, 8 \rangle, 1), (\langle 8, 9 \rangle, 0.8), (\langle 8, 10 \rangle, 0.5), (\langle 9, 6 \rangle, 0.2), (\langle 9, 7 \rangle, 0.5), (\langle 9, 8 \rangle, 0.8), (\langle 9, 9 \rangle, 1), (\langle 9, 10 \rangle, 0.8), (\langle 10, 7 \rangle, 0.2), (\langle 10, 8 \rangle, 0.5), (\langle 10, 9 \rangle, 0.8), (\langle 10, 10 \rangle, 1)\}$.

$$M_{Q1} = \begin{bmatrix} 1 & 0.8 & 0.5 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.8 & 1 & 0.8 & 0.5 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.8 & 1 & 0.8 & 0.5 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.5 & 0.8 & 1 & 0.8 & 0.5 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.5 & 0.8 & 1 & 0.8 & 0.5 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0.5 & 0.8 & 1 & 0.8 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0.5 & 0.8 & 1 & 0.8 & 0.5 & 0.2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0.5 & 0.8 & 1 & 0.8 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0.5 & 0.8 & 1 & 0.8 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0.5 & 0.8 & 1 \end{bmatrix} .$$

	y_1	y_2	y_3
x_1	1	0.1	0.2
x_2	0.8	0.9	1
x_3	0.7	0.8	0.5
x_4	1	0.5	0.2

- множество предпосылок или причин неисправности автомобиля $X=\{X_1, X_2, X_3, X_4\}$
- X_1 "неисправность аккумулятора",
- X_2 "неисправность карбюратора",
- X_3 "низкое качество бензина",
- X_4 "неисправность системы»
- множество заключений или проявлений неисправности $Y=\{y_1, y_2, y_3\}$
- Y_1 "двигатель не запускается",
- Y_2 "двигатель работает неустойчиво",
- Y_3 "двигатель не развивает полной мощности

$$\mathbf{M}_P = \begin{bmatrix} 1 & 0.1 & 0.2 \\ 0.8 & 0.9 & 1 \\ 0.7 & 0.8 & 0.5 \\ 1 & 0.5 & 0.2 \end{bmatrix}$$



	Продукция, выпускаемая в настоящее время	Новая продукция, связанная с выпускаемой	Совершенно новая продукция
Имеющийся известный рынок	0.9	0.6	0.3
Новый рынок, связанный с имеющимся	0.6	0.4	0.2
Совершенно новый рынок	0.3	0.2	0.1

$$M_{gr} = \begin{bmatrix} 0.9 & 0.6 & 0.3 \\ 0.6 & 0.4 & 0.2 \\ 0.3 & 0.6 & 0.1 \end{bmatrix}$$

Множество качественных признаков бизнес-системы:

$X = \{X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9, X10\}$

- X1 - качество выпускаемой продукции
- X2 - производственные мощности
- X3 - финансовые возможности
- X4 - конкурентоспособность
- X5 - общий уровень себестоимости продукции
- X6 - компетенция руководителей
- X7 - наличие стабильности рынков сбыта
- X8 - наличие налоговых льгот
- X9 - возможности выхода на международные рынки
- X10 - наличие таможенных льгот

	Бизнес-система Y_1	Бизнес-система Y_2	Бизнес-система Y_3
Качество выпускаемой продукции	0.6	0.5	0.7
Производственные мощности	0.5	0.8	0.8
Финансовые возможности	0.7	0.4	0.9
Конкурентоспособность	0.2	0.6	0.6
Общий уровень себестоимости продукции	0.5	0.6	0.8
Компетенция руководителей	0.7	0.5	0.7
Наличие стабильных рынков сбыта	0.6	0.8	0.5
Наличие налоговых льгот	0.6	0.7	0.5
Возможности выхода на международные рынки	0.3	0.5	0.8
Наличие таможенных льгот	0.1	0.3	0.4

$$M_{\sigma} = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.5 & 0.7 \\ 0.5 & 0.8 & 0.8 \\ 0.7 & 0.4 & 0.9 \\ 0.2 & 0.6 & 0.6 \\ 0.5 & 0.6 & 0.8 \\ 0.7 & 0.5 & 0.7 \\ 0.6 & 0.8 & 0.5 \\ 0.6 & 0.7 & 0.5 \\ 0.3 & 0.5 & 0.8 \\ 0.1 & 0.3 & 0.4 \end{bmatrix}$$

X - множество специальностей, по которым проводится набор на обучение

Y - множество психофизиологических характеристик

Z - множество кандидатов на обучение

Нечеткое отношение S - психофизиологическое профилирование специальностей

Нечеткое отношение R - психофизиологическое профилирование кандидатов на обучение

$X = \{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5\}$

X₁ - "менеджер", X₂ - "программист", X₃ - "водитель", X₄ - "секретарь-референт", X₅ - "переводчик"

$Y = \{Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6, Y_7, Y_8, Y_9, Y_{10}\}$

Y₁ - "быстрота и гибкость мышления", Y₂ - "умение быстро принимать решения", Y₃ - "устойчивость и концентрация внимания", Y₄ - "зрительная память", Y₅ - "быстрота реакции", Y₆ - "двигательная память", Y₇ - "физическая выносливость", Y₈ - "координация движений", Y₉ - "эмоционально-волевая устойчивость", Y₁₀ - "ответственность"

$Z = \{Z_1, Z_2, Z_3, Z_4\}$

Z₁ - "Петров", Z₂ - "Иванов", Z₃ - "Сидоров", Z₄ - "Васильева", Z₅ - "Григорьева"

Нечеткое отношение S

	Быстрота и гибкость мышления	Умение быстро принимать решения	Устойчивость и концентрация внимания	Зрительная память	Быстрота реакции
Менеджер	0.9	0.9	0.8	0.4	0.5
Программист	0.8	0.5	0.9	0.3	0.1
Водитель	0.3	0.9	0.6	0.5	0.9
Секретарь	0.5	0.4	0.5	0.5	0.2
Переводчик	0.7	0.8	0.8	0.2	0.6
	Двигательная память	Физическая выносливость	Координация движений	Эмоционально-волевая устойчивость	Ответственность
Менеджер	0.3	0.6	0.2	0.9	0.8
Программист	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
Водитель	0.8	0.9	0.8	0.6	0.3
Секретарь	0.2	0.3	0.3	0.9	0.8
Переводчик	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2

$$M_S = \begin{bmatrix} 0.9 & 0.9 & 0.8 & 0.4 & 0.5 & 0.3 & 0.6 & 0.2 & 0.9 & 0.8 \\ 0.8 & 0.5 & 0.9 & 0.3 & 0.1 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.5 & 0.5 \\ 0.3 & 0.9 & 0.6 & 0.5 & 0.9 & 0.8 & 0.9 & 0.8 & 0.6 & 0.3 \\ 0.5 & 0.4 & 0.5 & 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.9 & 0.8 \\ 0.7 & 0.8 & 0.8 & 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 \end{bmatrix};$$

Таблица 1

	Петров	Иванов	Сидоров	Васильева	Григорьева
Быстрота и гибкость мышления	0.9	0.8	0.7	0.9	1
Умение быстро принимать решения	0.6	0.4	0.8	0.5	0.6
Устойчивость и концентрация внимания	0.5	0.2	0.3	0.8	0.7
Зрительная память	0.5	0.9	0.5	0.8	0.4

Таблица 2

Быстрота реакции	1	0.6	0.5	0.7	0.4
Двигательная память	0.4	0.5	1	0.7	0.8
Физическая выносливость	0.5	0.8	0.9	0.5	0.4
Координация движений	0.5	0.6	0.7	0.6	0.5
Эмоционально-волевая устойчивость	0.8	1	0.2	0.5	0.6
Ответственность	0.3	0.5	0.9	0.6	0.8

Н
е
ч
е
т
к
о
е
о
т
н
о
ш
е
н
и
е
R

$$\begin{bmatrix}
 0.9 & 0.8 & 0.7 & 0.9 & 1 \\
 0.6 & 0.4 & 0.8 & 0.5 & 0.6 \\
 0.5 & 0.2 & 0.3 & 0.8 & 0.7 \\
 0.5 & 0.9 & 0.5 & 0.8 & 0.4 \\
 1 & 0.6 & 0.5 & 0.7 & 0.4 \\
 0.4 & 0.5 & 1 & 0.7 & 0.8 \\
 0.5 & 0.8 & 0.9 & 0.5 & 0.4 \\
 0.5 & 0.6 & 0.7 & 0.6 & 0.5 \\
 0.8 & 1 & 0.2 & 0.5 & 0.6 \\
 0.3 & 0.5 & 0.9 & 0.6 & 0.8
 \end{bmatrix}$$

$$M_S = \begin{bmatrix} 0.9 & 0.9 & 0.8 & 0.4 & 0.5 & 0.3 & 0.6 & 0.2 & 0.9 & 0.8 \\ 0.8 & 0.5 & 0.9 & 0.3 & 0.1 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.5 & 0.5 \\ 0.3 & 0.9 & 0.6 & 0.5 & 0.9 & 0.8 & 0.9 & 0.8 & 0.6 & 0.3 \\ 0.5 & 0.4 & 0.5 & 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.9 & 0.8 \\ 0.7 & 0.8 & 0.8 & 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 \end{bmatrix};$$

$$M_{S \otimes \tau} = \begin{bmatrix} 0.9 & 0.9 & 0.8 & 0.9 & 0.9 \\ 0.8 & 0.8 & 0.7 & 0.8 & 0.8 \\ 0.9 & 0.8 & 0.9 & 0.7 & 0.8 \\ 0.8 & 0.9 & 0.8 & 0.6 & 0.8 \\ 0.7 & 0.7 & 0.8 & 0.8 & 0.7 \end{bmatrix}.$$

$$\begin{bmatrix} 0.9 & 0.8 & 0.7 & 0.9 & 1 \\ 0.6 & 0.4 & 0.8 & 0.5 & 0.6 \\ 0.5 & 0.2 & 0.3 & 0.8 & 0.7 \\ 0.5 & 0.9 & 0.5 & 0.8 & 0.4 \\ 1 & 0.6 & 0.5 & 0.7 & 0.4 \\ 0.4 & 0.5 & 1 & 0.7 & 0.8 \\ 0.5 & 0.8 & 0.9 & 0.5 & 0.4 \\ 0.5 & 0.6 & 0.7 & 0.6 & 0.5 \\ 0.8 & 1 & 0.2 & 0.5 & 0.6 \\ 0.3 & 0.5 & 0.9 & 0.6 & 0.8 \end{bmatrix}.$$

Композиция нечетких отношений S и R

Пусть Q и R — конечные или бесконечные бинарные нечеткие отношения. Причем нечеткое отношение $Q = \{ \langle x_i, x_j \rangle, \mu_Q(\langle x_i, x_j \rangle) \}$ задано на декартовом произведении универсумов $X_1 \times X_2$, а нечеткое отношение $R = \{ \langle x_j, x_k \rangle, \mu_R(\langle x_j, x_k \rangle) \}$ — на декартовом произведении универсумов $X_2 \times X_3$.

Композиция двух бинарных нечетких отношений. Нечеткое бинарное отношение, заданное на декартовом произведении $X_1 \times X_3$ и обозначаемое через $Q \otimes R$, называется *композицией* бинарных нечетких отношений Q и R , а его функция принадлежности определяется следующим выражением:

$$\mu_{Q \otimes R}(\langle x_i, x_k \rangle) = \max_{x_j \in X_2} \{ \min \{ \mu_Q(\langle x_i, x_j \rangle), \mu_R(\langle x_j, x_k \rangle) \} \} \quad (4.17)$$

$$(\forall \langle x_i, x_k \rangle \in X_1 \times X_3).$$

Определенную таким образом композицию бинарных нечетких отношений называют (**max-min-**) композицией или **максиминной сверткой нечетких отношений**.

Композиция нечетких отношений S и R

- Найдем минимальные значения функции принадлежности всех пар элементов первой строки табл. 1 и первого столбца табл. 2 $\min\{0.9, 0.9\} = 0.9$, $\min\{0.9, 0.8\} = 0.8$, $\min\{0.8, 0.5\} = 0.5$, $\min\{0.4, 0.5\} = 0.4$, $\min\{0.5, 1\} = 0.5$, $\min\{0.3, 0.4\} = 0.3$, $\min\{0.6, 0.5\} = 0.5$, $\min\{0.2, 0.5\} = 0.2$, $\min\{0.9, 0.8\} = 0.8$, $\min\{0.8, 0.3\} = 0.3$.
- Найдем максимальное из 10 полученных значений, которое и будет являться искомым значением функции принадлежности - $\max\{0.9, 0.8, 0.5, 0.4, 0.5, 0.3, 0.5, 0.2, 0.8, 0.3\} = 0.9$. - элемент 1-й строки и первого столбца матрицы

$$M_{S \otimes T} = \begin{bmatrix} 0.9 & 0.9 & 0.8 & 0.9 & 0.9 \\ 0.8 & 0.8 & 0.7 & 0.8 & 0.8 \\ 0.9 & 0.8 & 0.9 & 0.7 & 0.8 \\ 0.8 & 0.9 & 0.8 & 0.6 & 0.8 \\ 0.7 & 0.7 & 0.8 & 0.8 & 0.7 \end{bmatrix}.$$

**Петров - менеджер, водитель; Иванов - менеджер, секретарь;
Сидоров - водитель; Васильева - менеджер,
Григорьева - менеджер.**

Для обучения по специальности менеджер наиболее подходят:

Петров, Иванов, Васильева и Григорьева;

по специальности программист те же кандидаты;

по специальности водитель - Сидоров; по специальности секретарь -

Иванов; по специальности переводчик - Сидоров и Васильева

	Петров	Иванов	Сидоров	Васильева	Григорьева
Менеджер	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9
Программист	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8
Водитель	0.9	0.8	0.9	0.7	0.8
Секретарь	0.8	0.9	0.8	0.6	0.8
Переводчик	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7

Альтернативные операции композиции двух бинарных нечетких отношений. Нечеткое бинарное отношение, заданное на декартовом произведении $X_1 \times X_3$ и обозначаемое через $Q * R$, называется *(max-*)-композицией* бинарных нечетких отношений Q и R , если его функция принадлежности определяется следующим выражением:

$$\mu_{Q * R}(\langle x_i, x_k \rangle) = \max_{x_j \in X_2} \{ \mu_Q(\langle x_i, x_j \rangle) * \mu_R(\langle x_j, x_k \rangle) \} \quad (\forall \langle x_i, x_k \rangle \in X_1 \times X_3) \quad (4.21)$$

В частности, если в выражении (4.21) вместо операции "*" использовать операцию алгебраического умножения, то получим определение *(max-prod)-композиции*.

	Петров	Иванов	Сидоров	Васильева	Григорьева
Менеджер	0.81	0.90	0.72	0.81	0.90
Программист	0.72	0.64	0.56	0.72	0.80
Водитель	0.90	0.72	0.81	0.63	0.64
Секретарь	0.72	0.90	0.72	0.48	0.64
Переводчик	0.63	0.56	0.64	0.64	0.70

Петров - водитель; Иванов - менеджер, секретарь; Сидоров - водитель; Васильева - менеджер, Григорьева - менеджер.

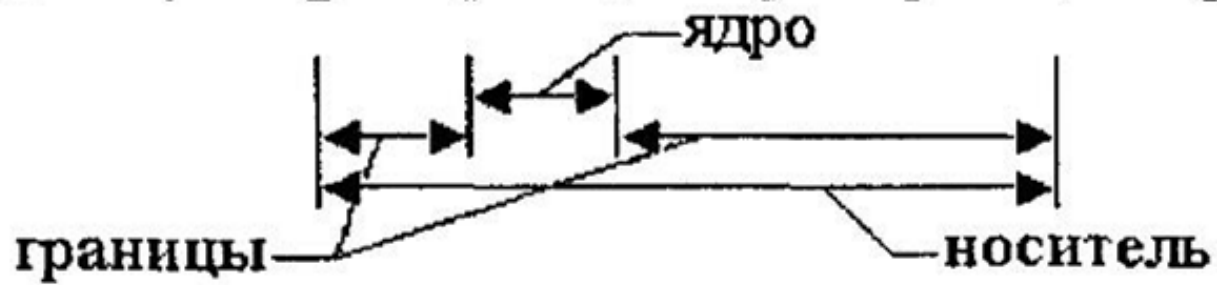
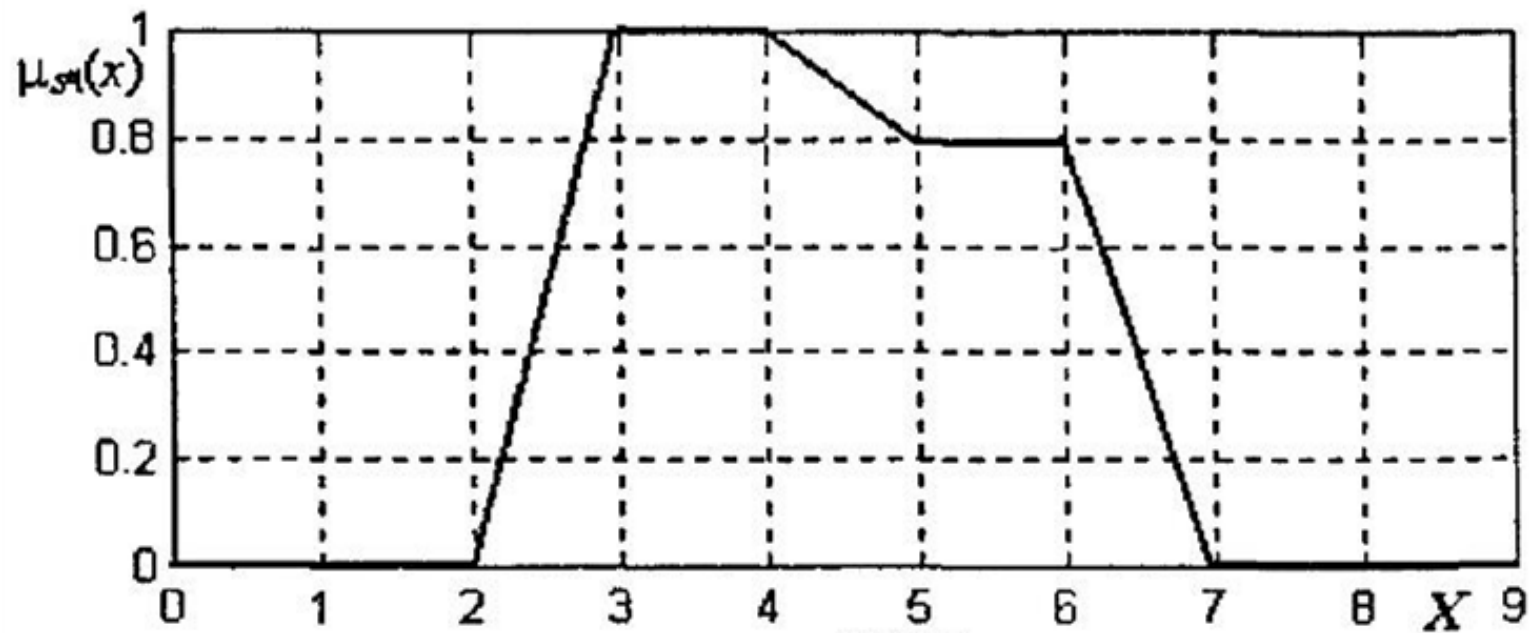
Для обучения по специальности менеджер наиболее подходят кандидаты: Иванов и Григорьева; по специальности программист - Григорьева; по специальности водитель - Петров; по специальности секретарь - Иванов; по специальности переводчик Сидоров и Васильева.

	Петров	Иванов	Сидоров	Васильева	Григорьева
Менеджер	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9
Программист	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8
Водитель	0.9	0.8	0.9	0.7	0.8
Секретарь	0.8	0.9	0.8	0.6	0.8
Переводчик	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7

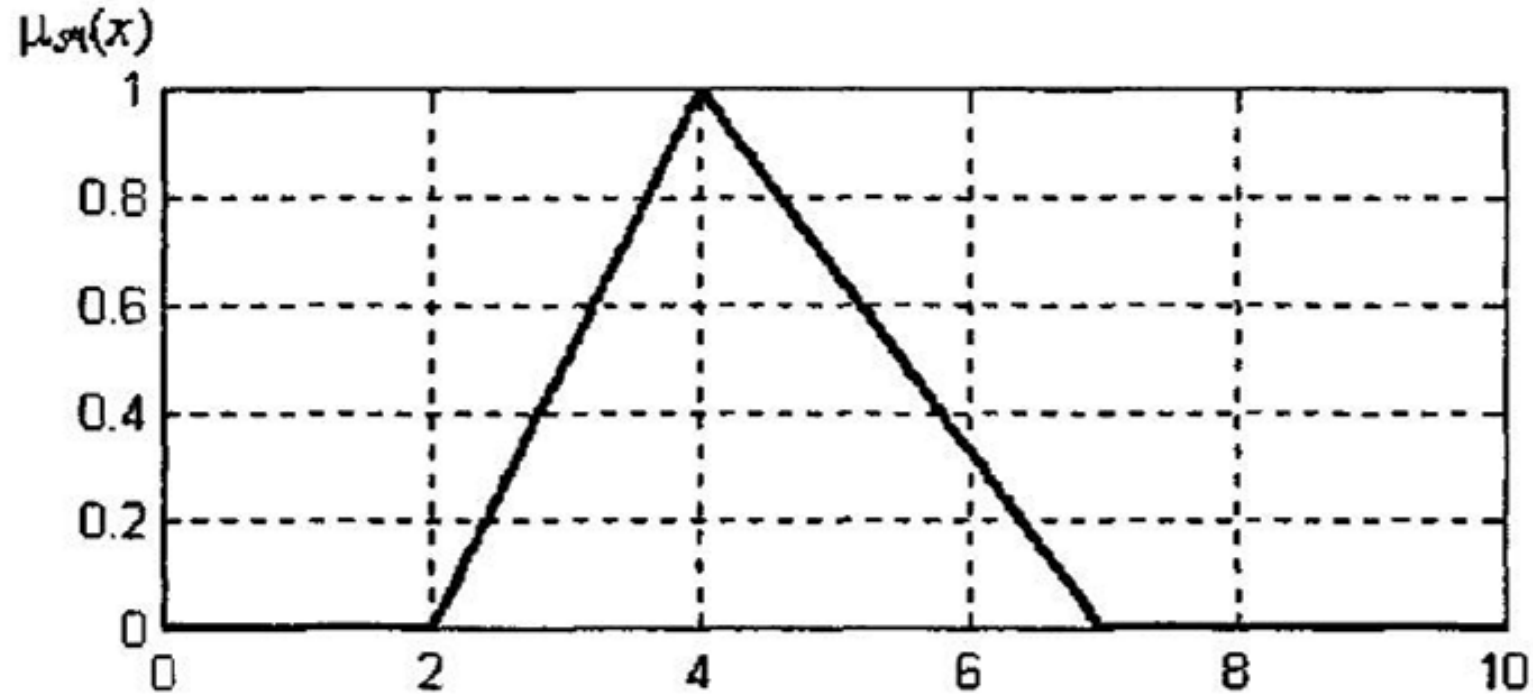
	Петров	Иванов	Сидоров	Васильева	Григорьева
Менеджер	0.81	0.90	0.72	0.81	0.90
Программист	0.72	0.64	0.56	0.72	0.80
Водитель	0.90	0.72	0.81	0.63	0.64
Секретарь	0.72	0.90	0.72	0.48	0.64
Переводчик	0.63	0.56	0.64	0.64	0.70

- Если при использовании различных моделей **получены одинаковые результаты**, то этот факт может свидетельствовать о наличии устойчивой связи или закономерности между отдельными элементами моделей
- Совпадение результатов, полученных на основе операций (maxmin)-композиции и (maxprod)-композиции - основание для более уверенных выводов относительно выбора тех или иных специальностей для обучения кандидатов

Функции принадлежности нечеткого множества



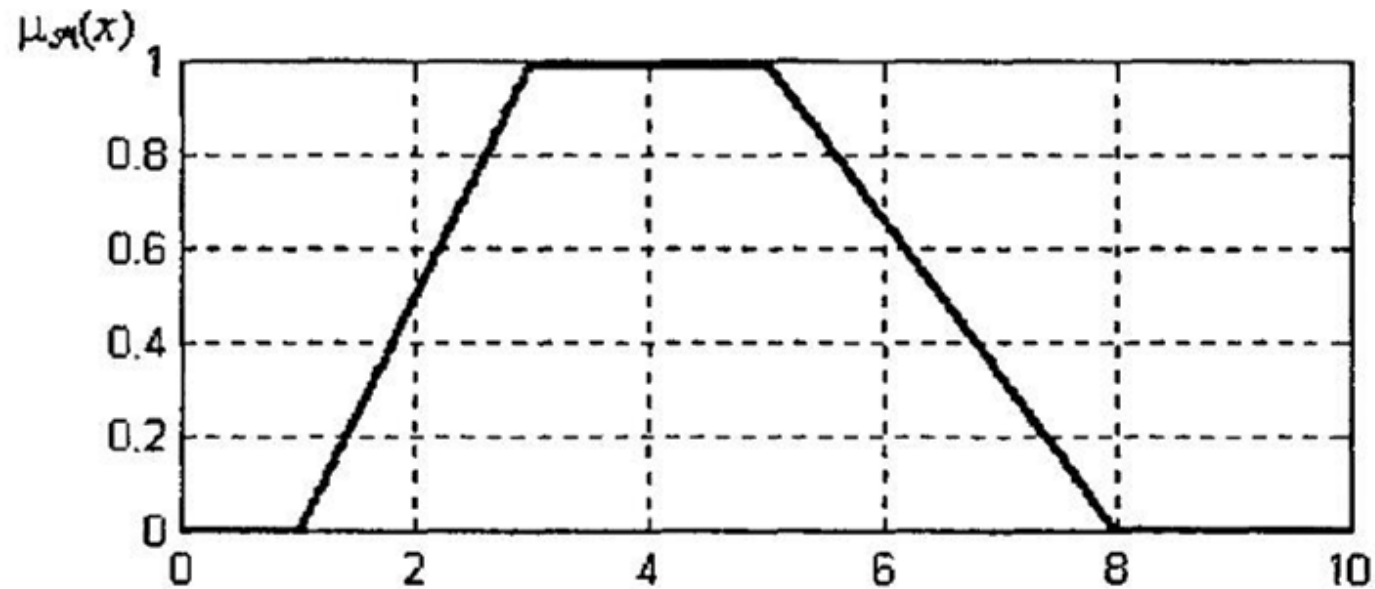
Треугольная функция принадлежности



$$f_{\Delta}(x; a, b, c) = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{array} \right.$$

где a, b, c некоторые числовые параметры, принимающие произвольные действительные значения и упорядоченные отношением: $a \leq b \leq c$

Трапецевидная функция принадлежности



$$f_T(x; a, b, c, d) = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{array} \right\},$$

где a, b, c — некоторые числовые параметры, принимающие произвольные действительные значения и упорядоченные отношением: $a \leq b \leq c$

Треугольная и трапецевидная функции используются для задания неопределенности типа:

- "приблизительно равно"
- "среднее значение«
- "расположен в интервале"
- "подобен объекту«
- «похож на предмет"

Задание 1: на предметной области задать 3 нечеткие переменные и построить графики их функций принадлежности

Задание 2: на предметной области задать нечеткие отношения, найти **max-prod** и **maxmin** композиции, сделать выводы

Нечеткая переменная

Нечеткая переменная определяется как кортеж: $\langle \alpha, X, A \rangle$, где α - наименование или название нечеткой переменной; X - область ее определения (универсум); $A = \{x, \mu_A(x)\}$ нечеткое множество на X , описывающее возможные значения, которые может принимать нечеткая переменная a .

$\langle \text{Горячий чай}, \{x \mid 0^\circ < X < 100^\circ\text{C}\}, B \rangle$,
где $B = \{x, \mu_B(x)\}$

Лингвистическая переменная

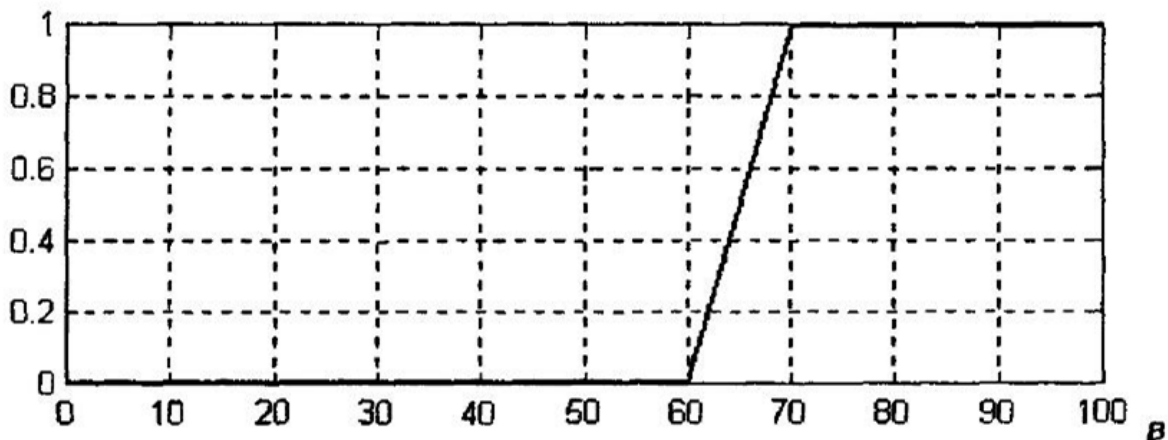
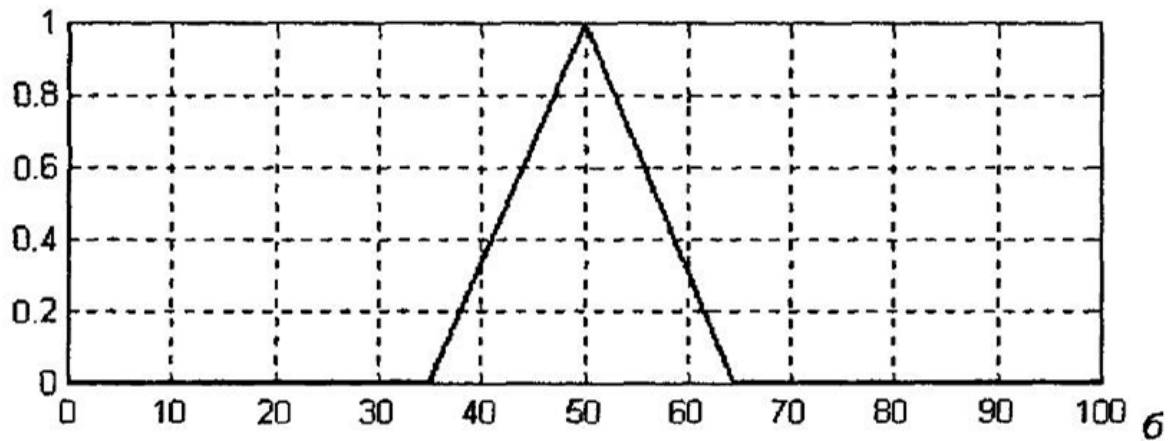
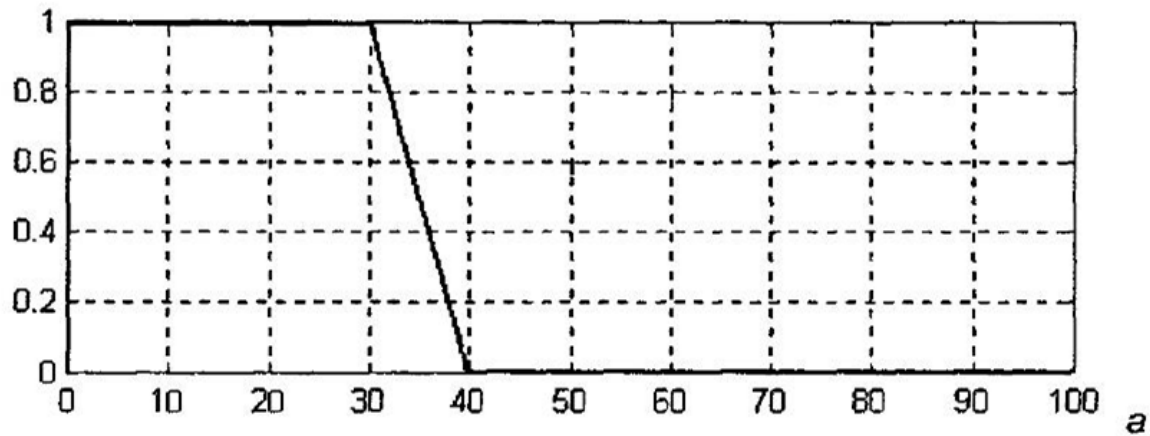
Лингвистическая переменная - кортеж $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$, где:

- β - наименование или название лингвистической переменной;
- T - базовое терм, множество лингвистической переменной или множество ее значений (термов), каждое из которых представляет собой наименование отдельной нечеткой переменной α ;
- X - область определения (универсум) нечетких переменных, которые входят в определение лингвистической переменной ;
- G - некоторая синтаксическая процедура, которая описывает процесс образования или генерирования из множества T новых, осмысленных в рассматриваемом контексте значений для данной лингвистической переменной;
- M - семантическая процедура, которая позволяет поставить в соответствие каждому новому значению данной лингвистической переменной, получаемому с помощью процедуры G , некоторое осмысленное содержание посредством формирования соответствующего нечеткого множества.

"малая скорость", "средняя скорость" и "высокая скорость" движения

- β - скорость движения автомобиля;
- $T = \{\text{"малая скорость"}, \text{"средняя скорость"}, \text{"высокая скорость"}\}$;
- $X = [0, 100]$;
- G - процедура образования новых термов с помощью связей логических связей "И", "ИЛИ" и модификаторов типа "очень", "НЕ", "слегка" и т.п. ("малая или средняя скорость", "очень высокая скорость" и т.п.);
- M - процедура задания на $X = [0, 100]$ нечетких переменных $\alpha_1 = \text{"малая скорость"}$, $\alpha_2 = \text{"средняя скорость"}$, $\alpha_3 = \text{"высокая скорость"}$, а также соответствующих нечетких множеств для термов из $G(1)$ в соответствии с правилами трансляции нечетких связей и модификаторов "И", "ИЛИ", "НЕ", "очень", "слегка"

Могут быть определены такие дополнительные значения лингвистической переменной "скорость движения автомобиля", как "около 30 км/ч", "около 50 км/ч", "около 70 км/ч".



графики функций
принадлежности
нечетких множеств

$A_1, A_{12}, A_3,$

соответствующих
нечетким

переменным:

$a_1 =$ "малая

скорость" (a), $a_2 =$

"средняя скорость"

(b), $a_3 =$ "Высокая

скорость" (v)

для

лингвистической

переменной β

(скорость движения

автомобиля)