

# Нечеткие отношения и их свойства

Одним из основных понятий теории нечетких множеств считается понятие нечеткого отношения. Эти отношения позволяют формализовать неточные утверждения типа « $x$  почти равно  $y$ » или « $x$  значительно больше чем  $y$ ». Приведем определение нечеткого отношения и комбинации нечетких отношений.

## Определение 3.26

Нечеткое отношение  $R$  между двумя непустыми множествами (четкими)  $X$  и  $Y$  будем называть нечеткое множество, определенное на декартовом произведении  $X \times Y$ , т.е.

$$R \subseteq X \times Y = \{(x, y) : x \in X, y \in Y\}.$$

Другими словами, нечеткое отношение - множество пар

$$R = \{((x, y), R(x, y))\},$$

где

$\mu_R : X \times Y [0, 1]$  - это функция принадлежности, которая каждой паре  $(x, y)$

приписывает ее степень принадлежности  $\mu_R(x, y)$ , которая интерпретируется как сила связи между элементами  $x \in X, y \in Y$ . В соответствии с принятым соглашением (п. 3.2)

нечеткое отношение можно представить в виде

$$R = \sum_{x \times y} \frac{\mu_R(x, y)}{(x, y)}$$

или

$$R = \int_{x \times y} \frac{\mu_R(x, y)}{(x, y)}$$



# Нечеткие отношения и их свойства.

## Пример

Для случая двух вещественных переменных ( $x \in X, y \in Y$ ) можно говорить о **нечетком отношении**  $R: X \rightarrow Y$ , которое определяет соответствие между элементами множества  $X$  и множества  $Y$  с помощью 2-мерной функции принадлежности  $\mu(x, y)$ :

$$R = \{(x, y), \mu(x, y) \mid x \in X, y \in Y\}.$$

Допустим, что мы имеем два набора чисел

$$X = \{x_1, x_2, x_3\}, \quad Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\},$$

и пусть субъективные мнения экспертов о сравнительной величине этих чисел представлены в виде нечетких отношений:

$$R_1\{x, y\} = \text{«}x \text{ определенно больше, чем } y\text{»};$$

$$R_2\{x, y\} = \text{«}x \text{ приблизительно равно } y\text{»}.$$

# Нечеткие отношения и их свойства.

## Пример

Зададим отношение  $R_1$  и  $R_2$  с помощью таблиц.

$R_1$

$x \backslash y$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
$x_1$	1	0,9	0,1	0
$x_2$	1	1	0,6	0,1
$x_3$	1	1	1	0,6

$R_2$

$x \backslash y$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
$x_1$	0,1	0,4	0,9	0,1
$x_2$	0	0	0,5	0,8
$x_3$	0	0	0,1	0,6

Здесь  $(i, j)$ -й элемент таблицы равен значению соответствующей, функции принадлежности для  $i$ -го значения  $x$  и  $j$ -го значения  $y$ . Тогда операции объединения и пересечения указанных отношений могут быть интерпретированы как:

$R_1 \cup R_2 =$  « $x$  определенно больше или приблизительно равно  $y$ »;

$R_1 \cap R_2 =$  « $x$  определенно больше и в то же время приблизительно равно  $y$ ».

# Нечеткие отношения и их свойства.

## Пример

Функции принадлежности  $\mu_{R_1 \cup R_2}(x, y)$  и  $\mu_{R_1 \cap R_2}(x, y)$  могут быть найдены с помощью операций максимума и минимума. В этом случае они принимают вид табл.

$R_1 \cup R_2$

$x \backslash y$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
$x_1$	1	0,9	0,1	0
$x_2$	1	1	0,6	0,8
$x_3$	1	1	1	0,6

$R_1 \cap R_2$

$x \backslash y$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
$x_1$	0,1	0,4	0,1	0
$x_2$	0	0	0,5	0,1
$x_3$	0	0	0,1	0,6

# Нечеткие отношения и их свойства.

## Пример

### Пример 3.22

Применим определение 3.26 для формализации неточного утверждения «у примерно равно x». Пусть  $X = \{3, 4, 5\}$  и  $Y = \{4, 5, 6\}$ . Отношение  $R$  можно определить следующим образом:

$$R = \frac{1}{(4,4)} + \frac{1}{(5,5)} + \frac{0,8}{(3,4)} + \frac{0,8}{(4,5)} + \frac{0,8}{(5,4)} + \frac{0,8}{(5,6)} + \frac{0,6}{(3,5)} + \frac{0,6}{(4,6)} + \frac{0,4}{(3,6)}$$

Следовательно, функция принадлежности  $\mu_R(x, y)$  отношения  $R$  имеет вид

$$\mu_R(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{если } x = y, \\ 0,8, & \text{если } |x - y| = 1, \\ 0,6, & \text{если } |x - y| = 2, \\ 0,4, & \text{если } |x - y| = 3. \end{cases}$$

Отношение  $R$  можно также задать в виде матрицы

$$\begin{array}{c} \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{array} \begin{array}{ccc} y_1 & y_2 & y_3 \\ \left[ \begin{array}{ccc} 0,8 & 0,6 & 0,4 \\ 1 & 0,8 & 0,6 \\ 0,8 & 1 & 0,8 \end{array} \right. \end{array}$$

где  $x_1 = 3, x_2 = 4, x_3 = 5$ , а  $y_1 = 4, y_2 = 5, y_3 = 6$ .

# Нечеткие отношения и их свойства.

## Пример

$$\mu_R(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{если } x - y \leq 0, \\ \frac{x - y}{30}, & \text{если } 0 < x - y < 30, \\ 1, & \text{если } x - y \geq 30 \end{cases}$$

представляет неточное утверждение «особа  $x$  намного старше особы  $y$ ».

Следует подчеркнуть, что нечеткое отношение  $R$  – это нечеткое множество. поэтому сохраняют силу введенные в п. 3.3 определения операций пересечения, суммирования и дополнения:

$$\mu_{R \cap S}(x, y) = \min(\mu_R(x, y), \mu_S(x, y)), \quad (3.166)$$

$$\mu_{R \cup S}(x, y) = \max(\mu_R(x, y), \mu_S(x, y)), \quad (3.167)$$

$$\mu_{\hat{R}}(x, y) = 1 - \mu_R(x, y). \quad (3.168)$$