

Задача

Оценка скорости выполнения поиска по запросу в браузере (сек).

Зависит от следующих факторов:

- x_1 — количество релевантных результатов на странице;
- x_2 — скорость интернета, Мб/с;
- x_3 — количество слов в запросе;
- x_4 — вычислительная мощность сервера, Tflor/s.

Влияющие факторы и выходной параметр q находятся в диапазоне:

- $x_1 \in [0 ; 10]$;
- $x_2 \in [10 ; 500]$;
- $x_3 \in [1 ; 32]$;
- $x_4 \in [1 ; 29]$;
- $q \in [0.2 ; 2]$.

Для оценки факторов x_1, x_3 используется терм-множество $L_1 = \{ \text{мало(М)} ; \text{нормально(Н)} ; \text{много(МН)} \}$, для факторов x_2, x_4 и выходного параметра q используется следующее терм-множество $L_2 = \{ \text{низкая(НЗ)} ; \text{средняя(СР)} ; \text{высокая(В)} \}$.

База знаний о влиянии факторов x_1, x_2, x_3, x_4 на скорость выполнения поиска по запросу приведена в таблице 1.

Таблица 1. База знаний о влиянии факторов на скорость выполнения поиска по запросу.

x_1	x_2	x_3	x_4	q
Н	НЗ	Н	НЗ	НЗ
М	СР	Н	НЗ	
Н	СР	Н	В	СР
МН	В	М	СР	
МН	СР	М	СР	В
МН	В	МН	В	

Требуется определить значение скорости выполнения поиска по запросу в браузере для следующих значений влияющих факторов $x_1 = 6$; $x_2 = 100$; $x_3 = 5$; $x_4 = 15 \cdot 10^{15}$.

Построение функций принадлежности.

Для x_1 :

$$q_0 = 0; \bar{q}_0 = 10;$$

$$q_1(L_1) = 0 + \frac{2 * (1 - 1) * (10 - 0)}{2 * 3 - 1} = 0$$

$$\bar{q}_1(L_1) = 0 + \frac{(2-1) * (10-0)}{2 * 3 - 1} = 2$$

$$q_1(L_2) = 0 + \frac{2 * (2-1) * (10-0)}{2 * 3 - 1} = 4$$

$$\bar{q}_1(L_2) = 0 + \frac{(4-1) * (10-0)}{2 * 3 - 1} = 6$$

$$q_1(L_3) = 0 + \frac{2 * (3-1) * (10-0)}{2 * 3 - 1} = 8$$

$$\bar{q}_1(L_3) = 0 + \frac{(6-1) * (10-0)}{2 * 3 - 1} = 10$$

Для x_2 :

$$q_0 = 10; \bar{q}_0 = 500;$$

$$q_1(L_1) = 0 + \frac{2 * (1-1) * (500-10)}{2 * 3 - 1} = 10$$

$$\bar{q}_1(L_1) = 0 + \frac{(2-1) * (500-10)}{2 * 3 - 1} = 108$$

$$q_1(L_2) = 0 + \frac{2 * (2-1) * (500-10)}{2 * 3 - 1} = 206$$

$$\bar{q}_1(L_2) = 0 + \frac{(4-1) * (500-10)}{2 * 3 - 1} = 500$$

$$q_1(L_3) = 0 + \frac{2 * (3-1) * (500-10)}{2 * 3 - 1} = 402$$

$$\bar{q}_1(L_3) = 0 + \frac{(6-1) * (500-10)}{2 * 3 - 1} = 500$$

Для x_3 :

$$q_0 = 1; \bar{q}_0 = 32;$$

$$q_1(L_1) = 0 + \frac{2 * (1-1) * (32-1)}{2 * 3 - 1} = 1$$

$$\bar{q}_1(L_1) = 0 + \frac{(2-1) * (32-1)}{2 * 3 - 1} = 7, 2$$

$$q_1(L_2) = 0 + \frac{2 * (2-1) * (32-1)}{2 * 3 - 1} = 13, 4$$

$$\bar{q}_1(L_2) = 0 + \frac{(4-1) * (32-1)}{2 * 3 - 1} = 19, 6$$

$$\underline{q}_1(L_3) = 0 + \frac{2 * (3-1) * (32-1)}{2 * 3 - 1} = 25,8$$

$$\overline{q}_1(L_3) = 0 + \frac{(6-1) * (32-1)}{2 * 3 - 1} = 32$$

Для x_4 :

$$\underline{q}_0 = 1; \overline{q}_0 = 29$$

$$\underline{q}_1(L_1) = 0 + \frac{2 * (1-1) * (29-1)}{2 * 3 - 1} = 1$$

$$\overline{q}_1(L_1) = 0 + \frac{(2-1) * (29-1)}{2 * 3 - 1} = 6,6$$

$$\underline{q}_1(L_2) = 0 + \frac{2 * (2-1) * (29-1)}{2 * 3 - 1} = 12,2$$

$$\overline{q}_1(L_2) = 0 + \frac{(4-1) * (29-1)}{2 * 3 - 1} = 17,8$$

$$\underline{q}_1(L_3) = 0 + \frac{2 * (3-1) * (29-1)}{2 * 3 - 1} = 23,4$$

$$\overline{q}_1(L_3) = 0 + \frac{(6-1) * (29-1)}{2 * 3 - 1} = 29$$

Для фактора x_1 :

$$\mu_m(x_1) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x_1 \leq 2 \\ -0.125 x_1 + 1.25, & 2 \leq x_1 < 10 \end{cases};$$

$$\mu_n(x_1) = \begin{cases} 0.25 x_1, & 0 \leq x_1 < 4 \\ 1, & 4 \leq x_1 < 6 \\ -0.25 x_1 + 2.5, & 6 \leq x_1 \leq 10 \end{cases};$$

$$\mu_{mn}(x_1) = \begin{cases} 0.125 x_1, & 0 \leq x_1 < 8 \\ 1, & 8 \leq x_1 < 10 \end{cases}.$$

Для факторах₂:

$$\mu_{нз}(x_2) = \begin{cases} 1, & 10 \leq x_2 < 108 \\ -0.003 x_2 + 1.276, & 108 \leq x_2 < 500 \end{cases};$$

$$\mu_{ср}(x_2) = \begin{cases} 0.005 x_2 - 0.051, & 10 \leq x_2 < 206 \\ 1, & 206 \leq x_2 < 304 \\ -0.005 x_2 + 2.551, & 304 \leq x_2 \leq 500 \end{cases};$$

$$\mu_6(x_2) = \begin{cases} 0.003x_2 - 0.026, & 10 \leq x_2 < 402 \\ 1, & 402 \leq x_2 < 500 \end{cases}.$$

Для фактора x_3 :

$$\mu_m(x_3) = \begin{cases} 1, & 1 \leq x_3 \leq 7.2 \\ -0.04x_3 + 1.29, & 7.2 \leq x_3 < 32 \end{cases};$$

$$\mu_n(x_3) = \begin{cases} 0.081x_3 - 0.081, & 1 \leq x_3 < 13.4 \\ 1, & 13.4 \leq x_3 < 19.6 \\ -0.081x_3 + 2.581, & 19.6 \leq x_3 \leq 32 \end{cases};$$

$$\mu_{mn}(x_3) = \begin{cases} 0.04x_3 - 0.04, & 1 \leq x_3 \leq 25.8 \\ 1, & 25.8 \leq x_3 < 32 \end{cases}.$$

Для фактора x_4 :

$$\mu_{нз}(x_4) = \begin{cases} 1, & 1 \leq x_4 \leq 6.6 \\ -0.04x_3 + 1.29, & 6.6 \leq x_3 < 29 \end{cases};$$

$$\mu_{cp}(x_4) = \begin{cases} 0.09x_3 - 0.09, & 1 \leq x_3 < 12.2 \\ 1, & 12.2 \leq x_3 < 17.8 \\ -0.09x_3 + 2.59, & 17.8 \leq x_3 \leq 29 \end{cases};$$

$$\mu_6(x_4) = \begin{cases} 0.04x_3 - 0.04, & 1 \leq x_3 \leq 23.4 \\ 1, & 23.4 \leq x_3 < 29 \end{cases}.$$

Из базы знаний (табл. 1) получаем следующую систему нечетких логических уравнений:

$$\mu_{нз}(q) = \mu_n(x_1) \wedge \mu_{нз}(x_2) \wedge \mu_n(x_3) \wedge \mu_{нз}(x_4) \vee \mu_m(x_1) \wedge \mu_{cp}(x_2) \wedge \mu_n(x_3) \wedge \mu_{нз}(x_4)$$

$$\mu_{cp}(q) = \mu_n(x_1) \wedge \mu_{cp}(x_2) \wedge \mu_n(x_3) \wedge \mu_6(x_4) \vee \mu_{mn}(x_1) \wedge \mu_6(x_2) \wedge \mu_m(x_3) \wedge \mu_{cp}(x_4)$$

$$\mu_6(q) = \mu_{mn}(x_1) \wedge \mu_{cp}(x_2) \wedge \mu_m(x_3) \wedge \mu_{cp}(x_4) \vee \mu_{mn}(x_1) \wedge \mu_6(x_2) \wedge \mu_{mn}(x_3) \wedge \mu_6(x_4)$$

Вычислим степени принадлежности значения параметра q , определяемого вектором факторов $x_1 = 6$; $x_2 = 100$; $x_3 = 5$; $x_4 = 15$ термам «Низкий», «Средний», «Высокий».

$$\mu_{нз}(q) = \mu_n(6) \wedge \mu_{нз}(100) \wedge \mu_n(5) \wedge \mu_{нз}(15) \vee \mu_m(6) \wedge \mu_{cp}(100) \wedge \mu_n(5) \wedge \mu_{нз}(15)$$

$$\mu_{cp}(q) = \mu_n(6) \wedge \mu_{cp}(100) \wedge \mu_n(5) \wedge \mu_6(15) \vee \mu_{mn}(6) \wedge \mu_6(100) \wedge \mu_m(5) \wedge \mu_{cp}(15)$$

$$\mu_6(q) = \mu_{mn}(6) \wedge \mu_{cp}(100) \wedge \mu_m(5) \wedge \mu_{cp}(15) \vee \mu_{mn}(6) \wedge \mu_6(100) \wedge \mu_{mn}(5) \wedge \mu_6(15)$$

После подстановки численных значений получаем:

$$\mu_{n_3}(q) = 1 \wedge 1 \wedge 0.32 \wedge 0.63 \vee 0.5 \wedge 0.46 \wedge 0.32 \wedge 0.63 = 0.32 \vee 0.32 = 0.32$$

$$\mu_{c_p}(q) = 1 \wedge 0.46 \wedge 0.32 \wedge 0.63 \vee 0.75 \wedge 0.23 \wedge 1 \wedge 1 = 0.36 \vee 0.23 = 0.36$$

$$\mu_s(q) = 0.75 \wedge 0.46 \wedge 1 \wedge 1 \vee 0.75 \wedge 0.23 \wedge 0.16 \wedge 0.63 = 0.46 \vee 0.16 = 0.46$$

Степень принадлежности значения параметра q терму «Высокий» наибольшая (0.46), поэтому 1-форма параметра q имеет вид:

$$q = \langle 0.2, 2, \text{«Высокий»} \rangle$$