Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Калининградский государственный технический университет»

Факультет автоматизации производства и управления

Кафедра систем управления и вычислительной техники

**Контрольная работа № 4**

**по дисциплине «Математическая логика и**

**теория алгоритмов»**

**Тема «Нечеткая логика»**

Работу принял: Работу выполнил:

к.т.н., доцент ст. гр. 18-вт

Топоркова О.М. Подковыров Д.Р.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(оценка)

Подпись:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Подпись:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Дата:

Калининград

2020 г.

**Задание к работе**

Согласно варианту, удалить из нечетких отношений *r*1 и *r*2 по четыре вершины и сформировать из оставшихся строк и столбцов нечеткие отношения индивидуального задания *r*1 и *r*2; при этом индексы вершин не изменять.

Исходные данные для формирования индивидуальных отношений

| *r’*1 | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x*4 | *x*5 | *x*6 | *x*7 | x8 |  | *r’*2 | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x*4 | *x*5 | *x*6 | *x*7 | x8 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *x*1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 |  | *x*1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,4 | 0,2 |
| *x*2 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,7 |  | *x*2 | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 0,3 |
| *x*3 | 0,4 | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,8 |  | *x*3 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,1 |
| *x*4 | 0,6 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,8 |  | *x*4 | 0,6 | 0,2 | 0,6 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,2 |
| *x*5 | 0,7 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,7 |  | *x*5 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |
| *x*6 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,7 |  | *x*6 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,4 | 0,2 | 0,1 |
| *x*7 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,5 |  | *x*7 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,4 | 0,7 | 0,5 | 0,2 | 0,2 |
| *x*8 | 0,5 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,6 |  | *x*8 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,7 | 0,1 |

Над отношениями индивидуального задания:

1. выполнить операции , , , , назвав их; написать формулы; представить результаты в виде таблиц;
2. для нечеткого отношения-результата операции определить его свойства и класс (нечеткой эквивалентности, нечеткого нестрогого или нечеткого строгого порядка).

**Вариант задания**



1. **Формирование отношения индивидуального задания**

Удалим из исходных отношений строки и столбы, согласно варианту:

| *r’*1 | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x*4 | *x*5 | *x*6 | *x*7 | x8 |  | *r’*2 | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x*4 | *x*5 | *x*6 | *x*7 | x8 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *x*1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 |  | *x*1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,4 | 0,2 |
| *x*2 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,7 |  | *x*2 | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 0,3 |
| *x*3 | 0,4 | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,8 |  | *x*3 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,1 |
| *x*4 | 0,6 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,8 |  | *x*4 | 0,6 | 0,2 | 0,6 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,2 |
| *x*5 | 0,7 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,7 |  | *x*5 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |
| *x*6 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,7 |  | *x*6 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,4 | 0,2 | 0,1 |
| *x*7 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,5 |  | *x*7 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,4 | 0,7 | 0,5 | 0,2 | 0,2 |
| *x*8 | 0,5 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,6 |  | *x*8 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,7 | 0,1 |

Результат:

| *r’*1 | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |  | *r’*2 | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *x*1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,7 |  | *x*1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,1 |
| *x2* | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,8 |  | *x2* | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| *x*3 | 0,4 | 0,7 | 0,5 | 0,7 |  | *x*3 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 0,3 |
| *x*6 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,8 |  | *x*6 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |

1. **Выполнение операций (r’1∪r’2), (r’1∩r’2), (r’1\r’2), (r’1°r’2)**

**Операция объединения (r’1∪r’2).**

Формула: μr’(xi, xj) = max{μr’1(xi, xj),μr’2(xi, xj)}

| *r’*1 | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |  | *r’*2 | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *x*1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,7 |  | *x*1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,1 |
| *x2* | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,8 |  | *x2* | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| *x*3 | 0,4 | 0,7 | 0,5 | 0,7 |  | *x*3 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 0,3 |
| *x*6 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,8 |  | *x*6 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |

*r’*={max{0,8;0,2} / (x1,x1),

max{0,6;0,3} / (x1,x2),

max{0,4;0,4} / (x1,x3),

max{0,7;0,1} / (x1,x6),

max{0,7;0,8} / (x2,x1),

max{0,6;0,3} / (x2,x2),

max{0,6;0,3} / (x2,x3),

max{0,8;0,4} / (x2,x6),

max{0,4;0,8} / (x3,x1),

max{0,7;0,6} / (x3,x2),

max{0,5;0,1} / (x3,x3),

max{0,7;0,3} / (x3,x6),

max{0,8;0,5} / (x6,x1),

max{0,7;0,8} / (x6,x2),

max{0,6;0,6} / (x6,x3),

max{0,8;0,4} / (x6,x6)};

*r’*={0,8 / ((x1,x1),

0.6/ (x1,x2),

0.4/ (x1,x3),

0.7/ (x1,x6),

0.8/ (x2,x1),

0.6/ (x2,x2),

0.6/ (x2,x3),

0.8/ (x2,x6),

0.8/ (x3,x1),

0.7/ (x3,x2),

0.5/ (x3,x3),

0.7/ (x3,x6),

0.8/ (x6,x1),

0.8/ (x6,x2),

0.6/ (x6,x3),

0.8/ (x6,x6)};

Отношение *r’:*

| *r’* | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *x*1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,7 |
| *x2* | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,8 |
| *x*3 | 0,8 | 0,7 | 0,5 | 0,7 |
| *x*6 | 0,8 | 0,8 | 0,6 | 0,8 |

Бесцветность ячейки означает, что степени принадлежности для неё совпали

**Операция пересечения (r’1∩r’2).**

Формула: μr’(xi, xj) = min{μr’1(xi, xj),μr’2(xi, xj)}

| *r’*1 | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |  | *r’*2 | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *x*1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,7 |  | *x*1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,1 |
| *x2* | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,8 |  | *x2* | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| *x*3 | 0,4 | 0,7 | 0,5 | 0,7 |  | *x*3 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 0,3 |
| *x*6 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,8 |  | *x*6 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |

*r’*={ min {0,8;0,2} / (x1,x1),

min {0,6;0,3} / (x1,x2),

min {0,4;0,4} / (x1,x3),

min {0,7;0,1} / (x1,x6),

min {0,7;0,8} / (x2,x1),

min {0,6;0,3} / (x2,x2),

min {0,6;0,3} / (x2,x3),

min {0,8;0,4} / (x2,x6),

min {0,4;0,8} / (x3,x1),

min {0,7;0,6} / (x3,x2),

min {0,5;0,1} / (x3,x3),

min {0,7;0,3} / (x3,x6),

min {0,8;0,5} / (x6,x1),

min {0,7;0,8} / (x6,x2),

min {0,6;0,6} / (x6,x3),

min {0,8;0,4} / (x6,x6)};

*r’*={0,2 / ((x1,x1),

0.3/ (x1,x2),

0.4/ (x1,x3),

0.1/ (x1,x6),

0.7/ (x2,x1),

0.3/ (x2,x2),

0.3/ (x2,x3),

0.4/ (x2,x6),

0.4/ (x3,x1),

0.6/ (x3,x2),

0.1/ (x3,x3),

0.3/ (x3,x6),

0.5/ (x6,x1),

0.7/ (x6,x2),

0.6/ (x6,x3),

0.4/ (x6,x6)};

Отношение *r’:*

| *r’* | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *x*1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,1 |
| *x2* | 0,7 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| *x*3 | 0,4 | 0,6 | 0,1 | 0,3 |
| *x*6 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,4 |

Бесцветность ячейки означает, что степени принадлежности для неё совпали

**Операция разности (r’1\r’2).**

Формула: μr’(xi, xj) = min{μr’1(xi, xj),(1-μ r’2(xi, xj))}

| *r’*1 | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |  | *r’*2 | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *x*1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,7 |  | *x*1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,1 |
| *x2* | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,8 |  | *x2* | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| *x*3 | 0,4 | 0,7 | 0,5 | 0,7 |  | *x*3 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 0,3 |
| *x*6 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,8 |  | *x*6 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |

*r’*={ min {0,8;0,8} / (x1,x1),

min {0,6;0,7} / (x1,x2),

min {0,4;0,6} / (x1,x3),

min {0,7;0,9} / (x1,x6),

min {0,7;0,2} / (x2,x1),

min {0,6;0,7} / (x2,x2),

min {0,6;0,7} / (x2,x3),

min {0,8;0,6} / (x2,x6),

min {0,4;0,2} / (x3,x1),

min {0,7;0,4} / (x3,x2),

min {0,5;0,9} / (x3,x3),

min {0,7;0,7} / (x3,x6),

min {0,8;0,5} / (x6,x1),

min {0,7;0,2} / (x6,x2),

min {0,6;0,4} / (x6,x3),

min {0,8;0,6} / (x6,x6)};

*r’*={0,8 / ((x1,x1),

0.6/ (x1,x2),

0.4/ (x1,x3),

0.7/ (x1,x6),

0.2/ (x2,x1),

0.6/ (x2,x2),

0.6/ (x2,x3),

0.6/ (x2,x6),

0.2/ (x3,x1),

0.4/ (x3,x2),

0.5/ (x3,x3),

0.7/ (x3,x6),

0.5/ (x6,x1),

0.2/ (x6,x2),

0.4/ (x6,x3),

0.6/ (x6,x6)};

Отношение *r’:*

| *r’* | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *x*1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,7 |
| *x2* | 0,2 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| *x*3 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,7 |
| *x*6 | 0,5 | 0,2 | 0,4 | 0,6 |

Бесцветность ячейки означает, что степени принадлежности для неё совпадали.

**Операция композиции (r1°r2).**

Формула: μr’(xi,xk) = max{minj{μr’1(xi,xj),μr’2(xj,xk)}}

| *r’*1 | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |  | *r’*2 | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *x*1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,7 |  | *x*1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,1 |
| *x2* | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,8 |  | *x2* | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| *x*3 | 0,4 | 0,7 | 0,5 | 0,7 |  | *x*3 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 0,3 |
| *x*6 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,8 |  | *x*6 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |

*r’*={

μr’(**x1,x1**)= max{min{μr’1(**x1**,x1),μr’2(x1,**x1**)}, min{μr’1(**x1**,x2),μr’2(x2,**x1**)}, min{μr’1(**x1**,x3),μr’2(x3,**x1**)}, min{μr’1(**x1**,x6),μr’2(x6,**x1**)}}=

=max{min{0,8;0,2}, min{0,6;0,8}, min{0,4;0,8}, min{0,7;0,5}}= max{0,2;0,6;0,4;0,5}=**0,6**

μr’(**x1,x2**)= max{min{μr’1(**x1**,x1),μr’2(x1,**x2**)}, min{μr’1(**x1**,x2),μr’2(x2,**x2**)}, min{μr’1(**x1**,x3),μr’2(x3,**x2**)}, min{μr’1(**x1**,x6),μr’2(x6,**x2**)}}=

=max{min{0,8;0,3}, min{0,6;0,3}, min{0,4;0,6}, min{0,7;0,8}}= max{0,3;0,3;0,4;0,7}=**0,7**

μr’(**x1,x3**)= max{min{μr’1(**x1**,x1),μr’2(x1,**x3**)}, min{μr’1(**x1**,x2),μr’2(x2,**x3**)}, min{μr’1(**x1**,x2),μr’2(x2,**x2**)}, min{μr’1(**x1**,x6),μr’2(x6,**x3**)}}=

=max{min{0,8;0,3}, min{0,6;0,3}, min{0,6;0,3}, min{0,7;0,6}}= max{0,3;0,3;0,3;0,6}=**0,6**

μr’(**x1,x6**)= max{min{μr’1(**x1**,x1),μr’2(x1,**x6**)}, min{μr’1(**x1**,x2),μr’2(x2,**x6**)}, min{μr’1(**x1**,x3),μr’2(x3,**x6**)}, min{μr’1(**x1**,x6),μr’2(x6,**x6**)}}=

=max{min{0,8;0,1}, min{0,6;0,4}, min{0,4;0,3}, min{0,7;0,4}}= max{0,1;0,4;0,3;0,4}=**0,4**

μr’(**x2,x1**)= max{min{μr’1(**x2**,x1),μr’2(x1,**x1**)}, min{μr’1(**x2**,x2),μr’2(x2,**x1**)}, min{μr’1(**x2**,x3),μr’2(x3,**x1**)}, min{μr’1(**x2**,x6),μr’2(x6,**x1**)}}=

=max{min{0,7;0,2}, min{0,6;0,8}, min{0,6;0,8}, min{0,8;0,5}}= max{0,2;0,6;0,6;0,5}=**0,6**

μr’(**x2,x2**)= max{min{μr’1(**x2**,x1),μr’2(x1,**x2**)}, min{μr’1(**x2**,x2),μr’2(x2,**x2**)}, min{μr’1(**x2**,x3),μr’2(x3,**x2**)}, min{μr’1(**x2**,x6),μr’2(x6,**x2**)}}=

=max{min{0,7;0,3}, min{0,6;0,3}, min{0,6;0,6}, min{0,8;0,8}}= max{0,3;0,3;0,6;0,8}=**0,8**

μr’(**x2,x3**)= max{min{μr’1(**x2**,x1),μr’2(x1,**x3**)}, min{μr’1(**x2**,x2),μr’2(x2,**x3**)}, min{μr’1(**x2**,x3),μr’2(x3,**x3**)}, min{μr’1(**x2**,x6),μr’2(x6,**x3**)}}=

=max{min{0,7;0,4}, min{0,6;0,3}, min{0,6;0,1}, min{0,8;0,6}}= max{0,4;0,3;0,1;0,6}=**0,6**

μr’(**x2,x6**)= max{min{μr’1(**x2**,x1),μr’2(x1,**x6**)}, min{μr’1(**x2**,x2),μr’2(x2,**x6**)}, min{μr’1(**x2**,x3),μr’2(x3,**x6**)}, min{μr’1(**x2**,x6),μr’2(x6,**x6**)}}=

=max{min{0,7;0,1}, min{0,6;0,4}, min{0,6;0,3}, min{0,8;0,4}}= max{0,1;0,4;0,3;0,4}=**0,4**

μr’(**x3,x1**)= max{min{μr’1(**x3**,x1),μr’2(x1,**x1**)}, min{μr’1(**x3**,x2),μr’2(x2,**x1**)}, min{μr’1(**x3**,x3),μr’2(x3,**x1**)}, min{μr’1(**x3**,x6),μr’2(x6,**x1**)}}=

=max{min{0,4;0,2}, min{0,7;0,8}, min{0,5;0,8}, min{0,7;0,5}}= max{0,2;0,7;0,5;0,5}=**0,7**

μr’(**x3,x2**)= max{min{μr’1(**x3**,x1),μr’2(x1,**x2**)}, min{μr’1(**x3**,x2),μr’2(x2,**x2**)}, min{μr’1(**x3**,x3),μr’2(x3,**x2**)}, min{μr’1(**x3**,x6),μr’2(x6,**x2**)}}=

=max{min{0,4;0,3}, min{0,7;0,3}, min{0,5;0,6}, min{0,7;0,8}}= max{0,3;0,3;0,50,7}=**0,7**

μr’(**x3,x3**)= max{min{μr’1(**x3**,x1),μr’2(x1,**x3**)}, min{μr’1(**x3**,x2),μr’2(x2,**x3**)}, min{μr’1(**x3**,x3),μr’2(x3,**x3**)}, min{μr’1(**x3**,x6),μr’2(x6,**x3**)}}=

=max{min{0,4;0,4}, min{0,7;0,3}, min{0,5;0,1}, min{0,6;0,6}}= max{0,4;0,3;0,1;0,6}=**0,6**

μr’(**x3,x6**)= max{min{μr’1(**x3**,x1),μr’2(x1,**x6**)}, min{μr’1(**x3**,x2),μr’2(x2,**x6**)}, min{μr’1(**x3**,x3),μr’2(x3,**x6**)}, min{μr’1(**x3**,x6),μr’2(x6,**x6**)}}=

=max{min{0,4;0,1}, min{0,7;0,4}, min{0,5;0,3}, min{0,7;0,4}}= max{0,1;0,4;0,3;0,4}=**0,3**

μr’(**x6,x1**)= max{min{μr’1(**x6**,x1),μr’2(x1,**x1**)}, min{μr’1(**x6**,x2),μr’2(x2,**x1**)}, min{μr’1(**x6**,x3),μr’2(x3,**x1**)}, min{μr’1(**x6**,x6),μr’2(x6,**x1**)}}=

=max{min{0,8;0,2}, min{0,7;0,8}, min{0,6;0,8}, min{0,8;0,5}}= max{0,2;0,7;0,6;0,5}=**0,7**

μr’(**x6,x2**)= max{min{μr’1(**x6**,x1),μr’2(x1,**x2**)}, min{μr’1(**x6**,x2),μr’2(x2,**x2**)}, min{μr’1(**x6**,x3),μr’2(x3,**x2**)}, min{μr’1(**x6**,x6),μr’2(x6,**x2**)}}=

=max{min{0,8;0,3}, min{0,7;0,3}, min{0,6;0,6}, min{0,8;0,8}}= max{0,3;0,3;0,6;0,8}=**0,8**

μr’(**x6,x3**)= max{min{μr’1(**x6**,x1),μr’2(x1,**x3**)}, min{μr’1(**x6**,x2),μr’2(x2,**x3**)}, min{μr’1(**x6**,x3),μr’2(x3,**x3**)}, min{μr’1(**x6**,x6),μr’2(x6,**x3**)}}=

=max{min{0,8;0,4}, min{0,7;0,3}, min{0,6;0,1}, min{0,8;0,6}}= max{0,4;0,3;0,1;0,6}=**0,6**

μr’(**x6,x6**)= max{min{μr’1(**x6**,x1),μr’2(x1,**x6**)}, min{μr’1(**x6**,x2),μr’2(x2,**x6**)}, min{μr’1(**x6**,x3),μr’2(x3,**x6**)}, min{μr’1(**x6**,x6),μr’2(x6,**x6**)}}=

=max{min{0,8;0,1}, min{0,7;0,4}, min{0,6;0,3}, min{0,8;0,4}}= max{0,1;0,4;0,3;0,4}=**0,4**

};

𝑟′=𝑟1′°𝑟2′= {0,6 / (x1,x1), 0,7 / (x1,x2), 0,6 / (x1,x3), 0,4 / (x1,x6), 0,6 / (x2,x1), 0,8 / (x2,x2), 0,6 / (x2,x3), 0,4 / (x2,x6), 0,7 / (x3,x1), 0,7 / (x3,x2), 0,6 / (x3,x3), 0,3 / (x3,x6), 0,7 / (x6,x1), 0,8 / (x6,x2), 0,6 / (x6,x3), 0,4 / (x6,x6)}.

Отношение *r’*:

| *r’* | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *x*1 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,4 |
| *x2* | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |
| *x*3 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,3 |
| *x*6 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |

1. **Вычисление свойств отношения *r’***

**Степень рефлексивности**

Формула:

Отношение *r’*:

| *r’* | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *x*1 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,4 |
| *x2* | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |
| *x*3 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,3 |
| *x*6 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |

*α*(*r’*)*ref* = min{μr’(x2,x2),μr’(x3,x3),μr’(x6,x6),μr’(x7,x7)} = min{0,6;0,8;0,6;0,4}=**0,4**

Поскольку результат меньше порогового значения, делаем вывод нечеткое отношение не является нечетко рефлексивным.

**Степень антирефлексивности**

Формула:

Отношение *r’*:

| *r’* | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *x*1 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,4 |
| *x2* | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |
| *x*3 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,3 |
| *x*6 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |

*β(r’)ref* = min{1- μr’(x1,x1), 1- μr’(x2,x2), 1-μr’(x3,x3),1-μr’(x6,x6)}=

= min {0,4;0,2;0,4;0,6} = **0,2**

Поскольку результат меньше порогового значения, делаем вывод: нечеткое отношение не является нечетко антирефлексивным.

**Степень симметричности**

Формула:

Отношение *r’*:

| *r’* | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *x*1 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,4 |
| *x2* | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |
| *x*3 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,3 |
| *x*6 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |

*α(r’)sym* = min{max{(1 - μr'(x1,x2), μr'(x2,x1)}, max{(1 - μr'(x1,x3), μr'(x3,x1)}, max{(1 - μr'(x1,x6), μr'(x6,x1)}, max{(1 - μr'(x2,x1), μr'(x1,x2)}, max{(1 - μr'(x2,x3), μr'(x3,x2)}, max{(1 - μr'(x2,x6), μr'(x6,x2)}, max{(1 - μr'(x3,x1), μr'(x1,x3)}, max{(1 - μr'(x3,x2), μr'(x2,x3)}, max{(1 - μr'(x3,x6), μr'(x6,x3)}, max{(1 - μr'(x6,x1), μr'(x1,x6)}, max{(1 - μr'(x6,x2), μr'(x2,x6)}, max{(1 - μr'(x6,x3), μr'(x3,x6)}} =

*=* min{max{0,3;0,6}, max{0,4;0,7}, max{0,6;0,7}, max{0,4;0,7}, max{0,4;0,7}, max{0,6;0,8}, max{0,3;0,6}, max{0,7;0,6}, max{0,7;0,6}, max{0,3;0,4}, max{0,2;0,6}, max{0,4;0,3}}=

*=* min {0,6;0,7;0,7;0,7;0,7;0,8;0,6;0,7;0,7;0,4;0,6;0,4} = **0,4**

Поскольку результат меньше порогового значения, делаем вывод: нечеткое отношение не является нечетко симметричным.

**Степень антисимметричности**

Формула:

Отношение *r’*:

| *r’* | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *x*1 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,4 |
| *x2* | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |
| *x*3 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,3 |
| *x*6 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |

*β(r’)sym* = min{max{(1 - μr'(x1,x2), μr'(x2,x1)}, max{(1 - μr'(x1,x3), μr'(x3,x1)}, max{(1 - μr'(x1,x6), μr'(x6,x1)}, max{(1 - μr'(x2,x1), μr'(x1,x2)}, max{(1 - μr'(x2,x3), μr'(x3,x2)}, max{(1 - μr'(x2,x6), μr'(x6,x2)}, max{(1 - μr'(x3,x1), μr'(x1,x3)}, max{(1 - μr'(x3,x2), μr'(x2,x3)}, max{(1 - μr'(x3,x6), μr'(x6,x3)}, max{(1 - μr'(x6,x1), μr'(x1,x6)}, max{(1 - μr'(x6,x2), μr'(x2,x6)}, max{(1 - μr'(x6,x3), μr'(x3,x6)}} =

*=* min{max{0,3;0,4}, max{0,4;0,3}, max{0,6;0,3}, max{0,4;0,3}, max{0,4;0,3}, max{0,6;0,2}, max{0,3;0,4}, max{0,7;0,4}, max{0,7;0,4}, max{0,3;0,6}, max{0,2;0,4}, max{0,4;0,7}}=

*=* min {0,4;0,4;0,6;0,4;0,4;0,6;0,4;0,4;0,4;0,6;0,4;0,7} = **0,4**

Поскольку результат меньше пороговое значение, делаем вывод: нечеткое отношение не является нечетко антисимметричным

**Степень транзитивности**

Формула:

Отношение *r’*:

| *r’* | *x*1 | *x*2 | *x*3 | *x6* |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *x*1 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,4 |
| *x2* | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |
| *x*3 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,3 |
| *x*6 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |

Исследуемые триады i-j-k:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | j | k | i | j | k | i | j | k | i | j | k |
| 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 6 | 1 | 2 |
| 1 | 2 | 6 | 2 | 1 | 6 | 3 | 1 | 6 | 6 | 1 | 3 |
| 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 6 | 2 | 1 |
| 1 | 3 | 6 | 2 | 3 | 6 | 3 | 2 | 6 | 6 | 2 | 3 |
| 1 | 6 | 2 | 2 | 6 | 1 | 3 | 6 | 1 | 6 | 3 | 1 |
| 1 | 6 | 3 | 2 | 6 | 3 | 3 | 6 | 2 | 6 | 3 | 2 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| xi,xj | xj,xk | xi,xk | xi,xj | xj,xk | xi,xk |
| x1 – x2 | x2 – x3 | x1 – x3 | x3 – x1 | x1 – x2 | x3 – x2 |
| x1– x2 | x2 – x6 | x1 – x6 | x3 – x1 | x1 – x6 | x3 – x6 |
| x1 – x3 | x3 – x2 | x1 – x2 | x3 – x2 | x2 – x1 | x3 – x1 |
| x1 – x3 | x3 – x6 | x1 – x6 | x3 – x2 | x2 – x6 | x3 – x6 |
| x1 – x6 | X6– x2 | x1 – x2 | x3 – x6 | x6 – x1 | x3 – x1 |
| x1 – x6 | x6– x3 | x1 – x3 | x3 – x6 | x6 – x2 | x3 – x2 |
| x2 – x1 | x1 – x3 | x2 – x3 | x6 – x1 | x1 – x2 | x6 – x2 |
| x2 – x1 | x1 – x6 | x2 – x6 | x6 – x1 | x1 – x3 | x6 – x3 |
| x2 – x3 | x3 – x1 | x2 – x1 | x6 – x2 | x2 – x1 | x6 – x1 |
| x2 – x3 | x3 – x6 | x2 – x6 | x6 – x2 | x2 – x3 | x6 – x3 |
| x2 – x6 | x6 – x1 | x2 – x1 | x6 – x3 | x3 – x1 | x6 – x1 |
| x2 – x6 | x6 – x3 | x2 – x3 | x6 – x3 | x3 – x2 | x6 – x2 |

*α(r’)tr* = min{max{(1- μr’(x1,x2)), (1- μr’(x2,x3)), μr’(x1,x2)},

max{(1- μr’(x1,x2)), (1- μr’(x2,x6)), μr’(x1,x6)},

max{(1- μr’(x1,x3)), (1- μr’(x3,x2)), μr’(x1,x2)},

max{(1- μr’(x1,x3)), (1- μr’(x3,x6)), μr’(x1,x6)},

max{(1- μr’(x1,x6)), (1- μr’(x6,x2)), μr’(x1,x2)},

max{(1- μr’(x1,x6)), (1- μr’(x6,x3)), μr’(x1,x3)},

max{(1- μr’(x2,x1)), (1- μr’(x1,x3)), μr’(x2,x3)},

max{(1- μr’(x2,x1)), (1- μr’(x1,x6)), μr’(x2,x6)},

max{(1- μr’(x2,x3)), (1- μr’(x3,x1)), μr’(x2,x1)},

max{(1- μr’(x2,x3)), (1- μr’(x3,x6)), μr’(x2,x6)},

max{(1- μr’(x2,x6)), (1- μr’(x6,x1)), μr’(x2,x1)},

max{(1- μr’(x2,x6)), (1- μr’(x6,x3)), μr’(x2,x3)},

max{(1- μr’(x3,x2)), (1- μr’(x2,x2)), μr’(x3,x2)},

max{(1- μr’(x3,x2)), (1- μr’(x2,x6)), μr’(x3,x6)},

max{(1- μr’(x3,x3)), (1- μr’(x3,x1)), μr’(x3,x1)},

max{(1- μr’(x3,x3)), (1- μr’(x3,x6)), μr’(x3,x6)},

max{(1- μr’(x3,x6)), (1- μr’(x6,x1)), μr’(x3,x1)},

max{(1- μr’(x3,x6)), (1- μr’(x6,x2)), μr’(x3,x2)},

max{(1- μr’(x6,x1)), (1- μr’(x1,x2)), μr’(x6,x2)},

max{(1- μr’(x6,x1)), (1- μr’(x1,x3)), μr’(x6,x3)},

max{(1- μr’(x6,x2)), (1- μr’(x2,x1)), μr’(x6,x1)},

max{(1- μr’(x6,x2)), (1- μr’(x2,x3)), μr’(x6,x3)},

max{(1- μr’(x6,x3)), (1- μr’(x3,x1)), μr’(x6,x1)},

max{(1- μr’(x6,x3)), (1- μr’(x3,x2)), μr’(x6,x2)}} =

= min{max{0,3, 0,4, 0,6}, max{0,3, 0,6, 0,4},

max{0,4, 0,3, 0,7}, max{0,4, 0,7, 0,4},

max{0,6, 0,2, 0,7}, max{0,6, 0,4, 0,6},

max{0,4, 0,4, 0,6}, max{0,4, 0,6, 0,4},

max{0,6, 0,3, 0,6}, max{0,6, 0,7, 0,4},

max{0,6, 0,3, 0,6}, max{0,8, 0,4, 0,6},

max{0,3, 0,4, 0,7}, max{0,3, 0,6, 0,3},

max{0,3, 0,4, 0,3}, max{0,3, 0,6, 0,3},

max{0,7, 0,3, 0,7}, max{0,7, 0,2, 0,7},

max{0,3, 0,3, 0,8}, max{0,3, 0,4, 0,6},

max{0,2, 0,4, 0,7}, max{0,2, 0,4, 0,6},

max{0,4, 0,3, 0,7}, max{0,4, 0,3, 0,8}} =

= min{0,6; 0,6; 0,7; 0,7; 0,7; 0,6; 0,6; 0,6; 0,6; 0,7; 0,6; 0,8; 0,7; 0,6; 0,4; 0,6; 0,7; 0,7; 0,8; 0,6; 0,7; 0,6; 0,7; 0,8} **= 0.4**

Поскольку результат меньше порогового значения, делаем вывод: нечеткое отношение не является нечетко транзитивным.

**Определение класса нечеткого отношения**

η(r’)э = min{*α(r’)ref*, *α(r’)sym*, *α(r’)tr*},

η(r’)нп = min{*α(r’)ref*, *β(r’)sym*, *α(r’)tr*},

η(r’)сп = min{*β(r’)ref*, *β(r’)sym*, *α(r’)tr*},

где 𝜂(𝑟′)э, 𝜂(𝑟′)нп, 𝜂(𝑟′)сп – степени принадлежности нечеткого отношения r’ классу нечеткой эквивалентности, нечеткого нестрогого порядка, нечеткого строгого порядка соответственно.

После расчетов следует сравнить полученные значения с пороговым значением 0.5: если порог превышен или равен расчету, нечеткое отношение принадлежит определенному классу, иначе – не принадлежит.

Выполним расчеты для нашего примера:

𝜂(𝑟′)э = min {0.4, 0.3, 0.4} = **0.3**

𝜂(𝑟′)нп = min {0.4, 0.4, 0.4} = **0.4**

𝜂(𝑟′)сп = min {0.2, 0.4, 0.4} = **0.2**

Поскольку все степени принадлежности классам не превышают порогового значения, делаем выводы: нечеткое отношение *r’* не является отношением нечеткой эквивалентности, не является отношением нечеткого нестрогого порядка, не является отношением нечеткого строгого порядка.