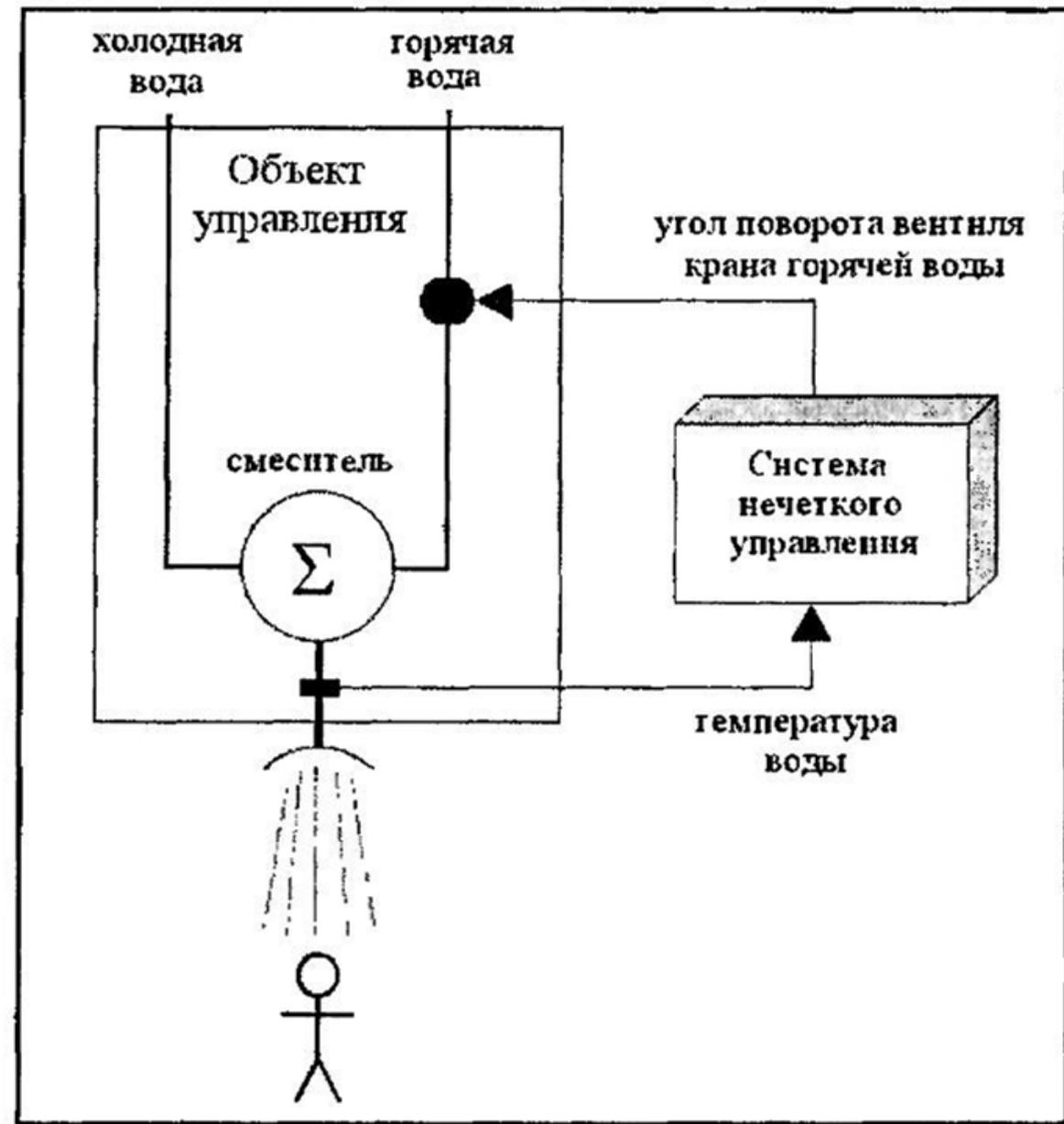


При принятии душа на вход смесителя подается холодная и горячая вода по соответствующим магистральным трубопроводам. Наиболее комфортные условия для душа создаются при наличии на выходе смесителя теплой воды постоянной температуры. Поскольку во время принятия душа может наблюдаться неравномерный расход воды, температура воды на выходе смесителя будет колебаться, приводя к **необходимости ручного изменения подачи** холодной или горячей воды.

**Задача: сделать регулировку температуры воды автоматической, обеспечивая постоянную температуру воды на выходе смесителя**



# I. Формирование эвристических правил для базы знаний

1. Если вода горячая, то следует повернуть вентиль крана горячей воды на большой угол вправо.
2. Если вода не очень горячая, то следует повернуть вентиль крана горячей воды на небольшой угол вправо.
3. Если вода теплая, то оставить вентиль крана горячей воды без воздействия.
4. Если вода прохладная, то следует повернуть вентиль крана горячей воды на небольшой угол влево.
5. Если вода холодная, то следует повернуть вентиль крана горячей воды на большой угол влево.

## II. Формирование базы нечетких лингвистических правил

V1 - «температура воды» (вход)

V2 - «угол поворота вентиля крана горячей воды» (выход)

**ПРАВИЛО 1:** ЕСЛИ "вода горячая" ТО "повернуть вентиль крана горячей воды на большой угол вправо"

**ПРАВИЛО 2:** ЕСЛИ "вода не очень горячая" ТО "повернуть вентиль крана горячей воды на небольшой угол вправо"

**ПРАВИЛО 3:** ЕСЛИ "вода теплая" ТО "оставить угол поворота крана горячей воды без изменения"

**ПРАВИЛО 4:** ЕСЛИ "вода прохладная" ТО "повернуть вентиль крана горячей воды на небольшой угол влево"

**ПРАВИЛО 5:** ЕСЛИ "вода холодная" ТО "повернуть вентиль крана горячей воды на большой угол влево"

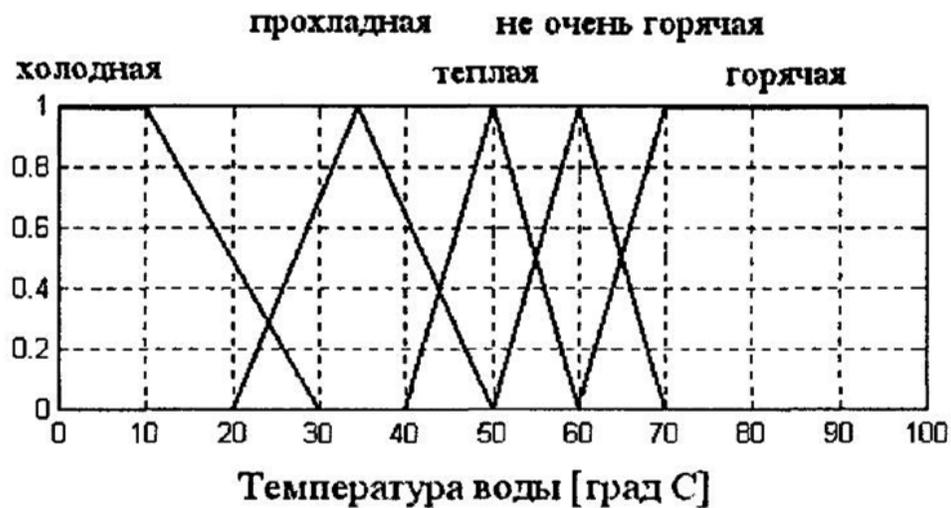
## II. Фаззификация входных переменных

V1 - «температура воды»: терм-множество

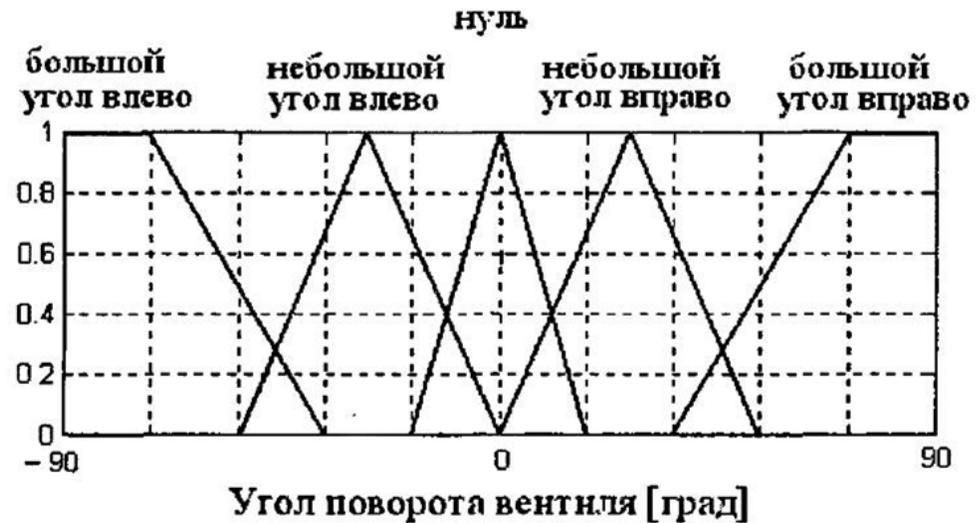
T1 = {«горячая», «не очень горячая», «теплая», «прохладная», «холодная»}

V2 - «угол поворота вентиля крана горячей воды»

T2={«большой угол вправо», «небольшой угол вправо», «нуль», «небольшой угол влево», «большой угол влево»}



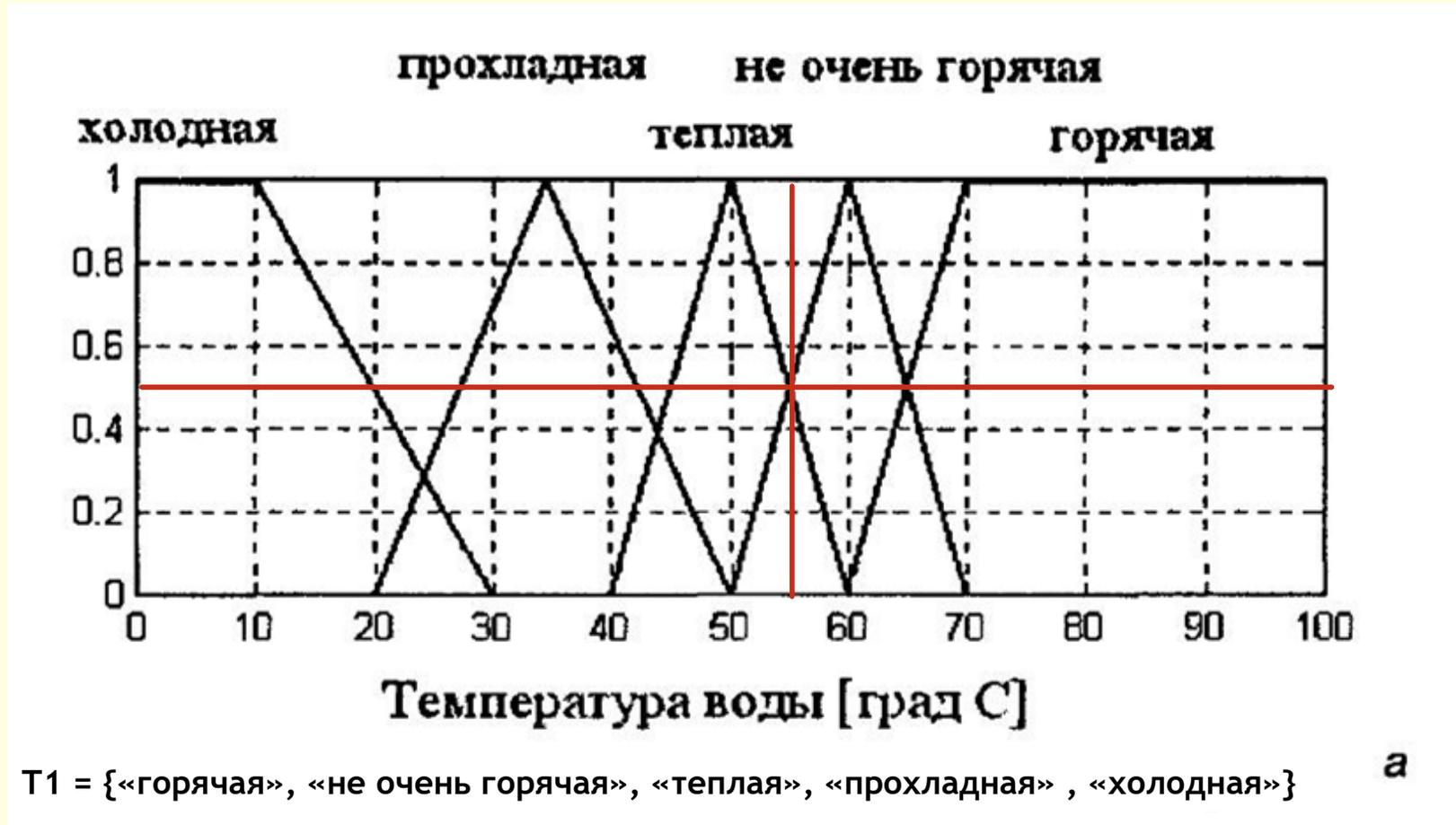
а



б

## II. Фаззификация входных переменных

Определяем для каждого из нечетких множеств (в порядке следования значений нечетких переменных) значение температуры (55).



Формируем множество  $B' = \{b'1; b'2; b'3; b'4; b'5\} = \{0; 0.5; 0.5; 0; 0\}$

### III. Агрегирование - определения степени истинности условий по каждому из правил системы нечеткого вывода.

Для каждого правила вида 1-5 степень истинности равна значению соответствующего  $b_i$ .

Формируем множество  $B''\{b''_1; b''_2; b''_3; b''_4; b''_5\} = \{0; 0.5; 0.5; 0; 0\}$

## IV. Активизация - процесс нахождения степени истинности каждого из подзаключений правил нечетких продукций

Для каждого правила базы знаний определяем весовой коэффициент ( по умолчанию - 1). Тогда для каждого правила алгебраическое произведение соответствующего  $b_i$  и весового коэффициента. .

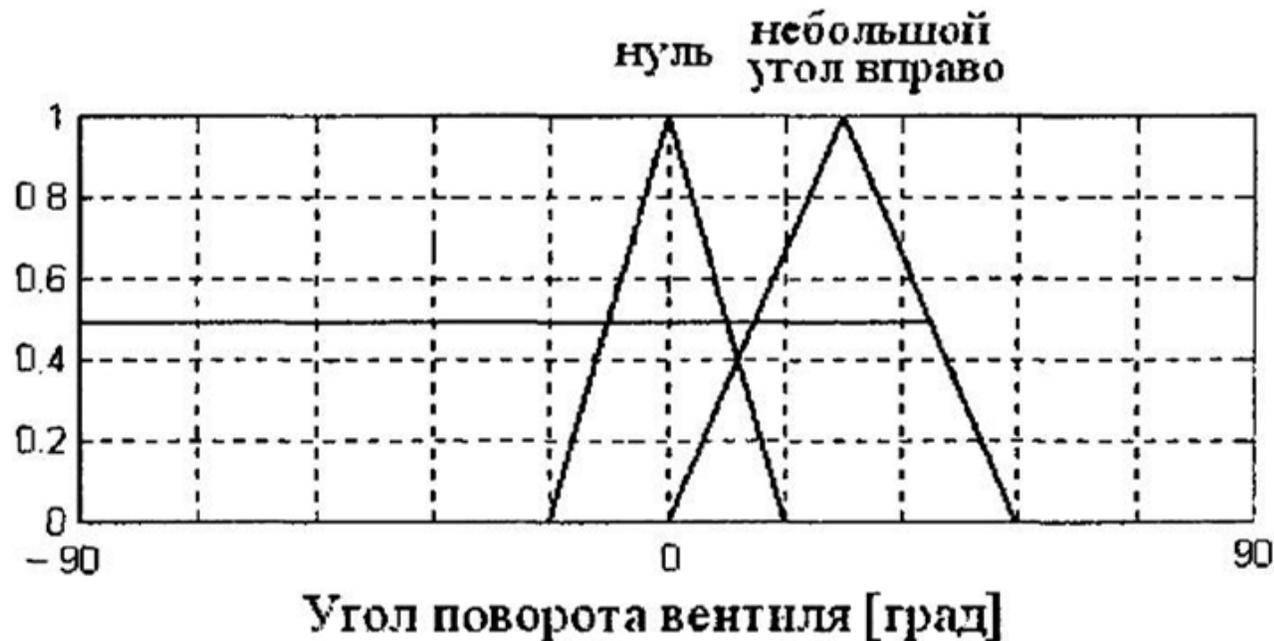
Формируем множество  $C = \{c_1; c_2; c_3; c_4; c_5\} =$   
 $= \{0; 0.5; 0.5; 0; 0\}$

## V. Активизация - процесс нахождения степени истинности каждого из подзаключений правил нечетких продукций

1. Для каждого правила базы знаний определяем весовой коэффициент ( по умолчанию - 1). Тогда для каждого правила алгебраическое произведение соответствующего  $b_i$  и весового коэффициента.

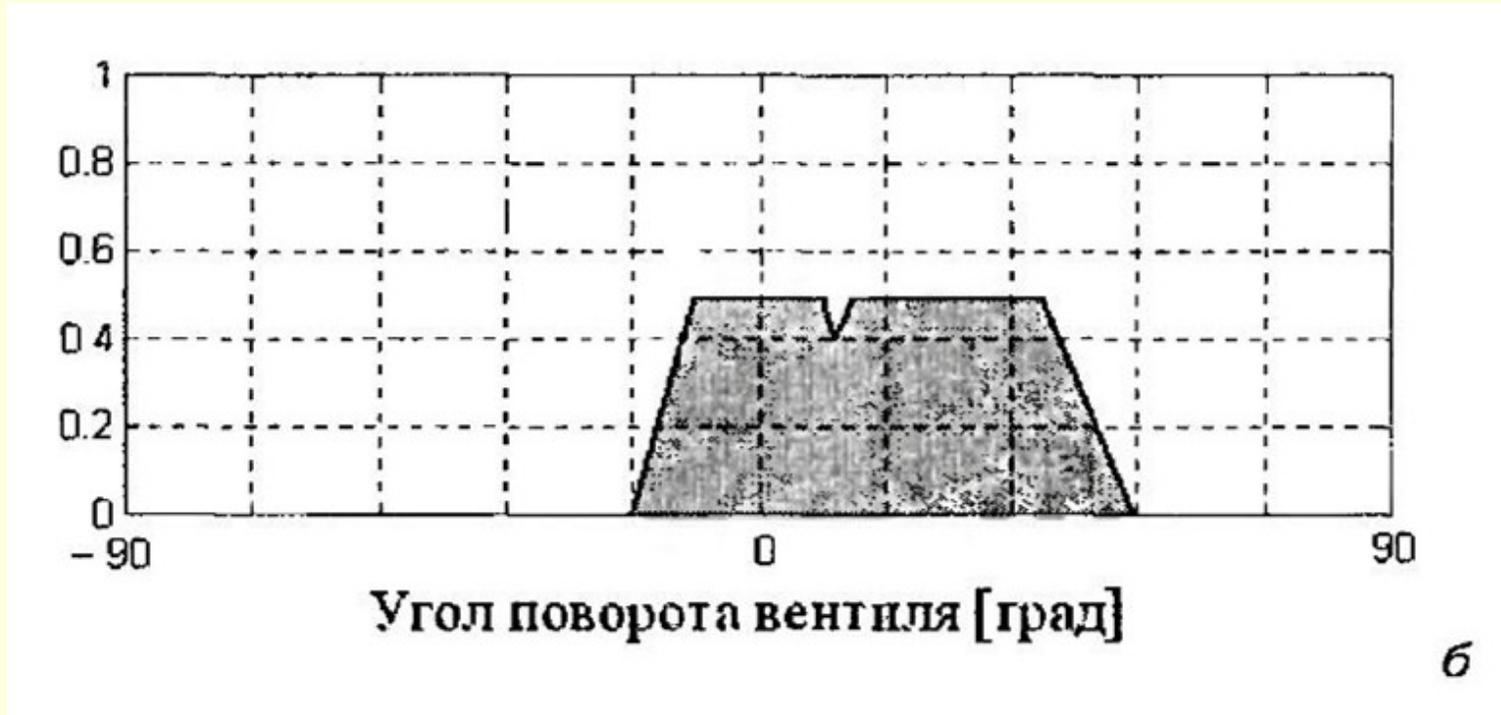
Формируем множество  $C = \{c_1; c_2; c_3; c_4; c_5\} =$   
 $= \{0; 0.5; 0.5; 0; 0\}$

2. Далее рассматриваем только правила 2 и 3. Активизация правил 2 и 3 приводит к следующим нечетким множествам.



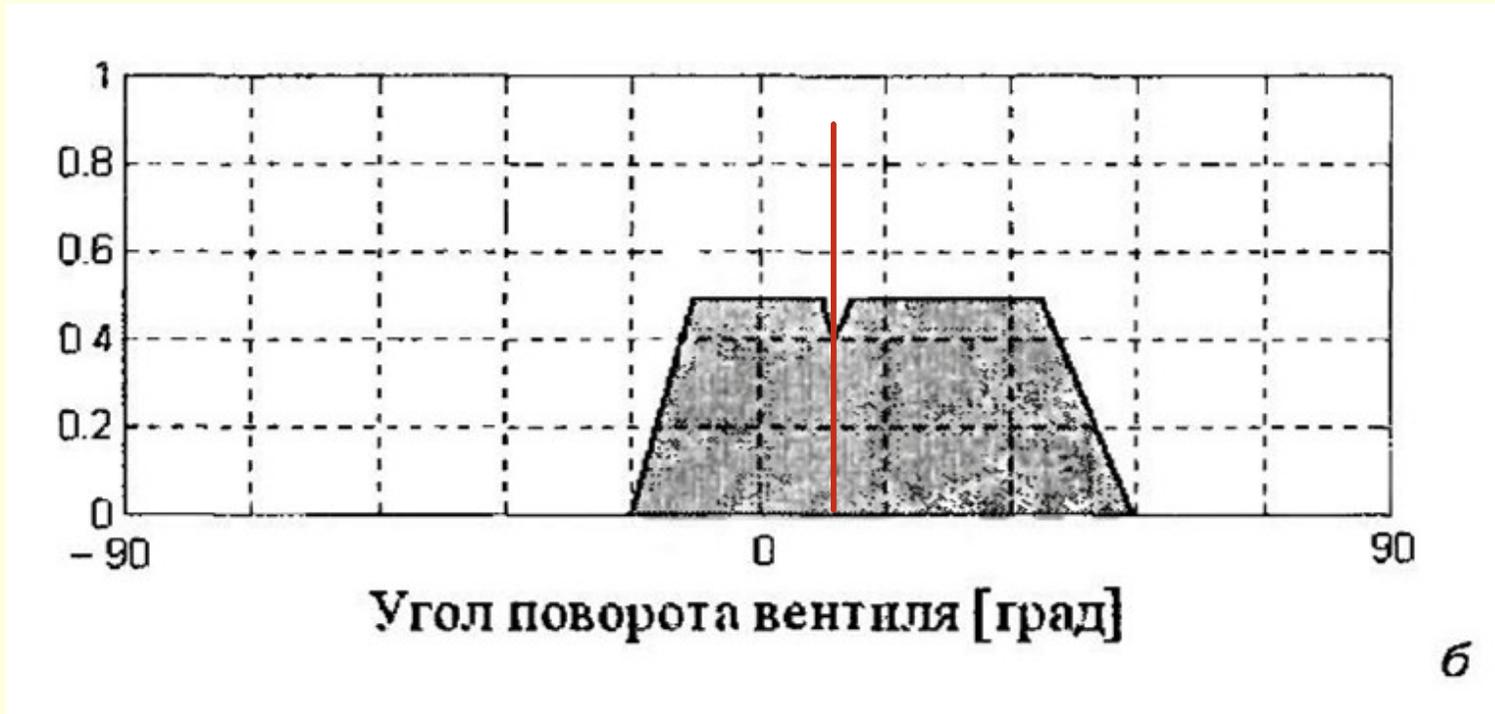
## V. Аккумуляция - процедура или процесс нахождения функции принадлежности для каждой из выходных лингвистических переменных

Аккумулируем заключения нечетких правил 2 и 3.  
Получаем нечеткое множество с функцией принадлежности



## V. Дефаззификация - процесс нахождения обычного (не нечеткого) значения для каждой из выходных лингвистических переменных

Для дефаззификации выходной лингвистической переменной «Угол поворота вентиля крана» используется метод центра тяжести



$$y = \frac{\int_{Min}^{Max} x \cdot \mu(x) dx}{\int_{Min}^{Max} \mu(x) dx}$$

Значение входной переменной соответствует значению выходной переменной «**поворот вентиля крана вправо на 16°**» (приближенное значение)

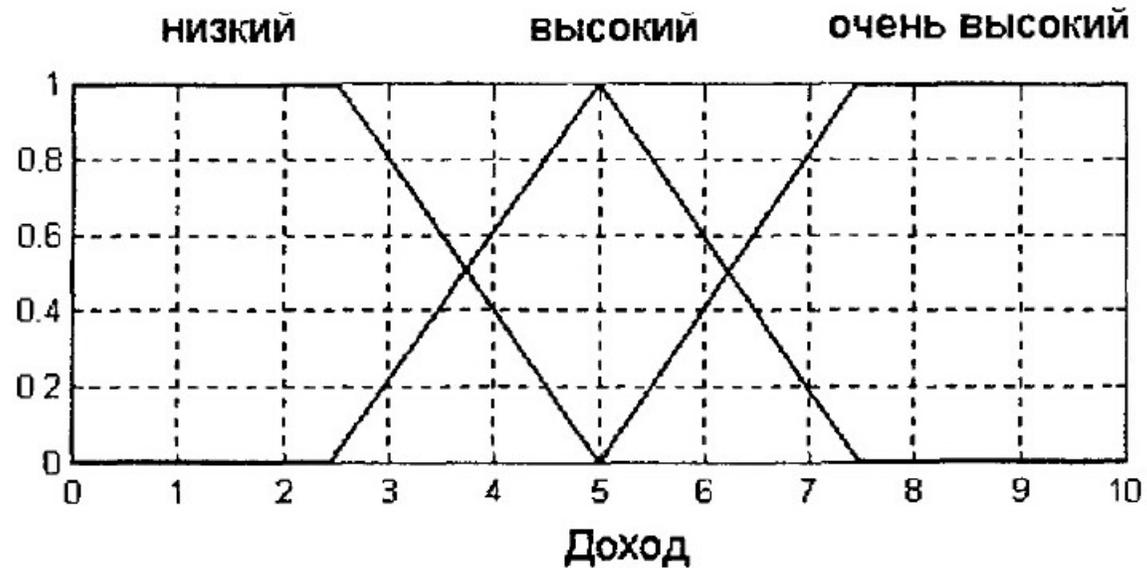
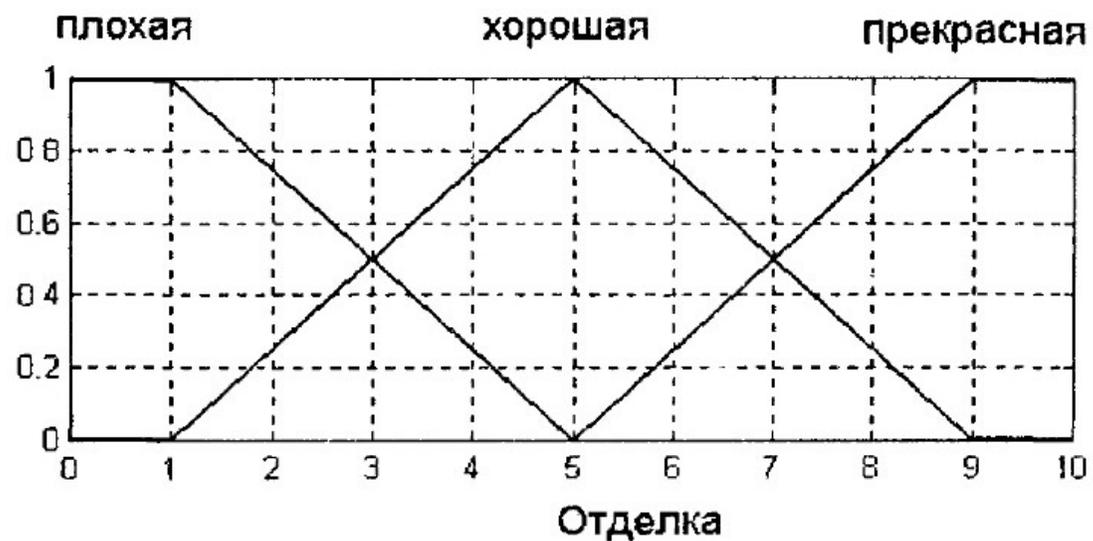
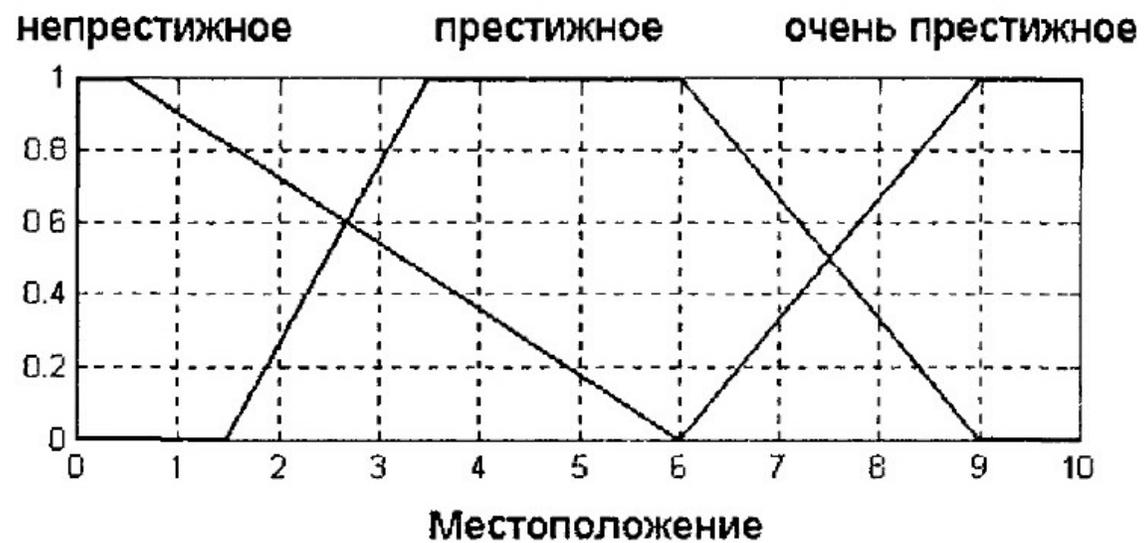
- решение задачи

Реализация алгоритма нечеткого управления  
предполагает организацию периодического измерения температуры воды на выходе смесителя в некоторые дискретные моменты времени. Чем меньше интервал измерения этой температуры, тем выше оказывается точность регулирования температуры воды

# Нечеткая модель принятия решений

Оценивание финансовой  
состоятельности клиентов при  
предоставлении банковских  
кредитов

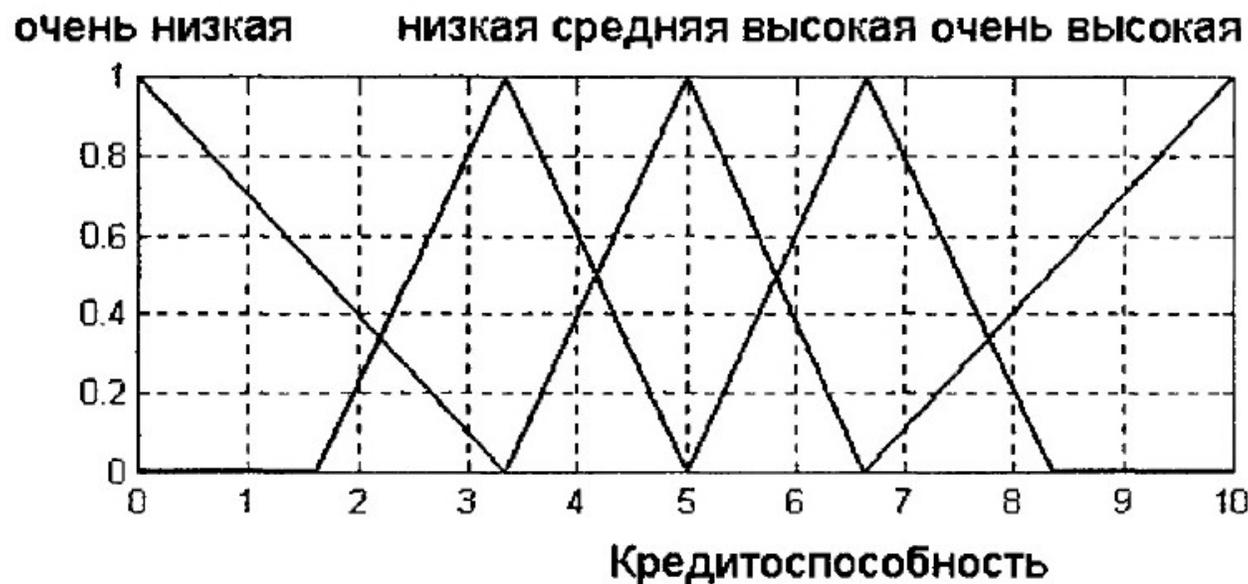
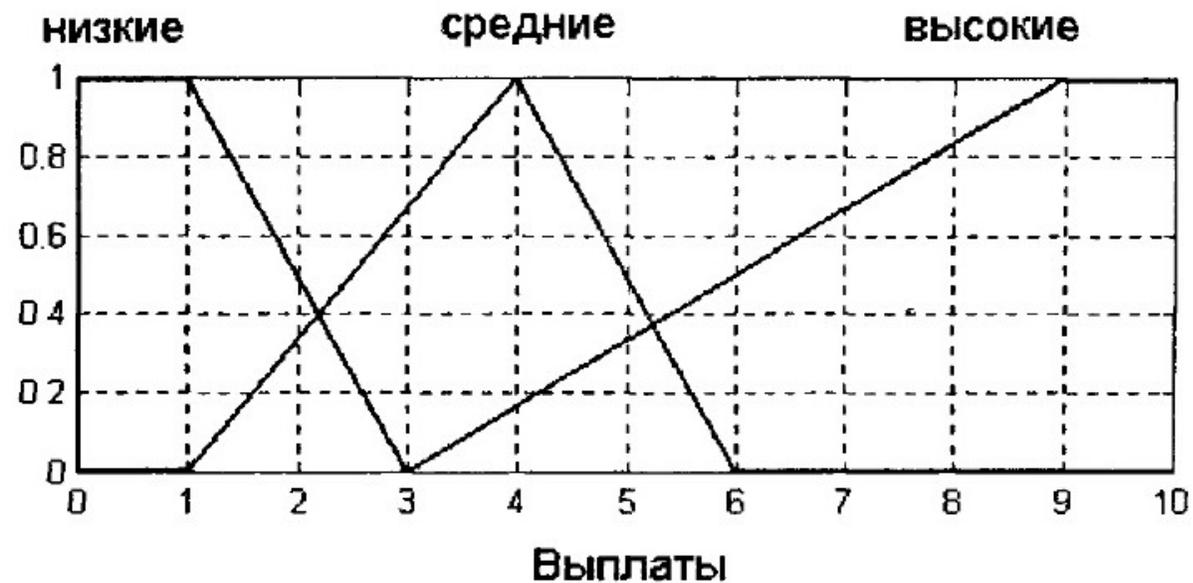
Задача: Оценка состоятельности клиентов при выдаче долгосрочных кредитов на строительство зданий или коттеджей под залог недвижимости



Входные нечеткие лингвистические переменные

Входная нечеткая лингвистическая переменная «выплаты»

Выходная нечеткая лингвистическая переменная «кредитоспособность»



# База правил вывода

1. Если величина дохода низкая и величина выплат средняя, то кредитоспособность очень низкая.
2. Если величина дохода низкая и величина выплат высокая, то кредитоспособность очень низкая.
3. Если величина дохода средняя и величина выплат высокая, то кредитоспособность очень низкая.
4. Если активы низкие и величина дохода низкая, то кредитоспособность очень низкая.
5. Если активы низкие и величина дохода средняя, то кредитоспособность очень низкая.
6. Если активы средние и величина дохода низкая, то кредитоспособность очень низкая.

7. Если качество отделки плохое, активы низкие и величина дохода высокая, то кредитоспособность очень низкая.
8. Если качество отделки плохое, активы средние и величина дохода средняя, то кредитоспособность очень низкая.
9. Если качество отделки плохое, активы высокие и величина дохода низкая, то кредитоспособность очень низкая.
10. Если качество отделки плохое, активы высокие и величина дохода средняя, то кредитоспособность очень низкая.
11. Если местоположение непрестижное, качество отделки хорошее, активы низкие и величина дохода высокая, то кредитоспособность средняя.
12. Если местоположение непрестижное, качество отделки прекрасное, активы низкие и величина дохода высокая, то кредитоспособность средняя.
13. Если местоположение престижное, качество отделки хорошее, активы низкие и величина дохода высокая, то кредитоспособность средняя.
14. Если местоположение очень престижное, качество отделки хорошее, активы низкие и величина дохода высокая, то кредитоспособность средняя.
15. Если местоположение непрестижное, качество отделки хорошее, активы средние и величина дохода средняя, то кредитоспособность средняя.
16. Если местоположение непрестижное, качество отделки прекрасное, активы средние и величина дохода средняя, то кредитоспособность средняя.

17. Если местоположение престижное, качество отделки хорошее, активы средние и величина дохода средняя, то кредитоспособность средняя.
18. Если местоположение очень престижное, качество отделки хорошее, активы средние и величина дохода средняя, то кредитоспособность средняя.
19. Если местоположение непрестижное, качество отделки хорошее, активы высокие и величина дохода низкая, то кредитоспособность средняя.
20. Если местоположение непрестижное, качество отделки прекрасное, активы высокие и величина дохода низкая, то кредитоспособность средняя.
21. Если местоположение престижное, качество отделки хорошее, активы высокие и величина дохода низкая, то кредитоспособность средняя.
22. Если местоположение очень престижное, качество отделки хорошее, активы высокие и величина дохода низкая, то кредитоспособность средняя.
23. Если местоположение непрестижное, качество отделки хорошее, активы высокие и величина дохода средняя, то кредитоспособность средняя.

27. Если местоположение престижное, качество отделки прекрасное, активы средние и величина дохода высокая, то кредитоспособность очень высокая.
28. Если местоположение престижное, качество отделки прекрасное, активы высокие и величина дохода высокая, то кредитоспособность очень высокая.
29. Если местоположение очень престижное, качество отделки прекрасное, активы средние и величина дохода высокая, то кредитоспособность очень высокая.
30. Если местоположение очень престижное, качество отделки прекрасное, активы высокие и величина дохода высокая, то кредитоспособность очень высокая.
31. Если местоположение непрестижное, качество отделки хорошее, активы средние и величина дохода высокая, то кредитоспособность высокая.
32. Если местоположение непрестижное, качество отделки прекрасное, активы средние и величина дохода высокая, то кредитоспособность высокая.
33. Если местоположение престижное, качество отделки хорошее, активы средние и величина дохода высокая, то кредитоспособность высокая.

34. Если местоположение очень престижное, качество отделки хорошее, активы средние и величина дохода высокая, то кредитоспособность высокая.
35. Если местоположение непрестижное, качество отделки хорошее, активы высокие и величина дохода высокая, то кредитоспособность высокая.
36. Если местоположение непрестижное, качество отделки прекрасное, активы высокие и величина дохода высокая, то кредитоспособность высокая.
37. Если местоположение престижное, качество отделки хорошее, активы высокие и величина дохода высокая, то кредитоспособность высокая.
38. Если местоположение очень престижное, качество отделки хорошее, активы высокие и величина дохода высокая, то кредитоспособность высокая.
39. Если местоположение престижное, качество отделки прекрасное, то кредитоспособность высокая.
40. Если местоположение очень престижное, качество отделки прекрасное, то кредитоспособность высокая.

# 1. Фаззификация входных переменных: 8, 8, 9, 9, 5

1. По значениям входных переменных определим следующие значения вероятностей:

Местоположение «очень престижное» - 0.65

Местоположение «престижное» - 0.35

Отделка «хорошая» - 0.25

Отделка «прекрасная» - 0.75

Активы «высокие» - 0.8

Активы «средние» - 0.2

Доход «очень высокий» - 1

Выплаты «высокие» - 0.35

Выплаты «средние» - 0.45

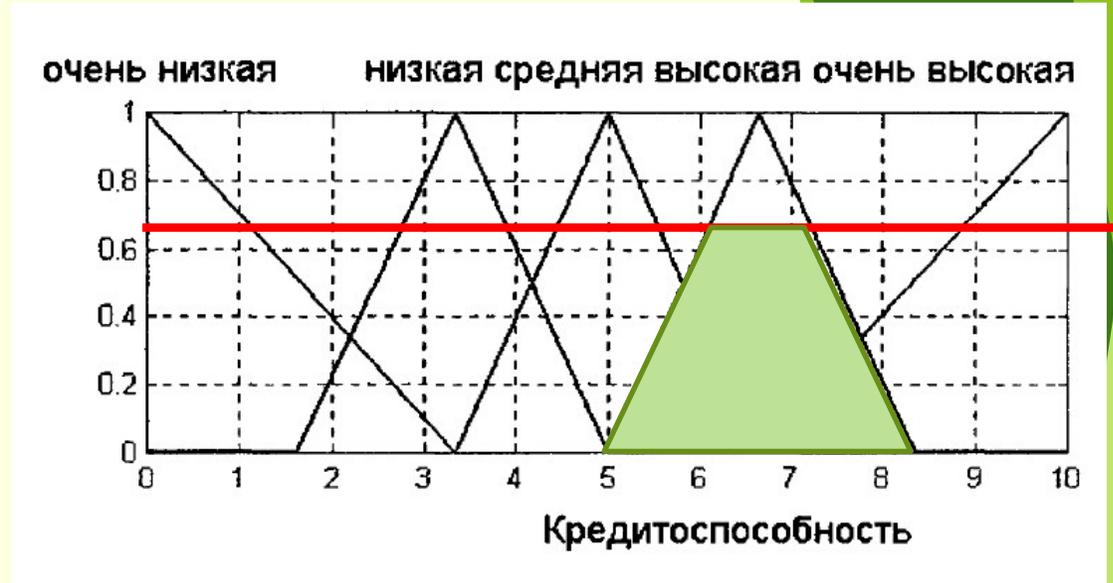
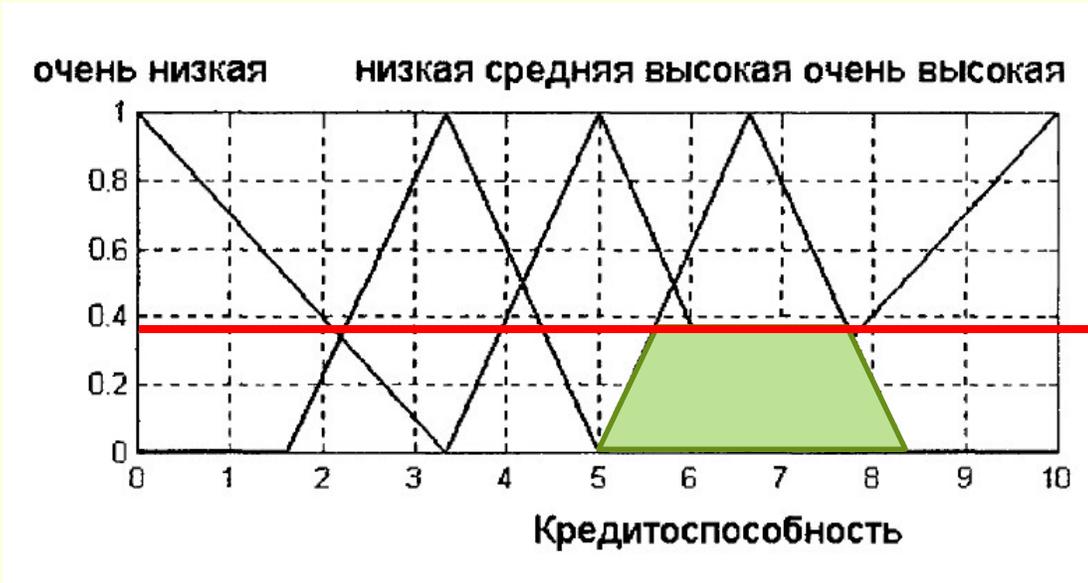
Данным значениям соответствуют правила: 39, 40

## 2. Агрегирование посылок правил

1. Определяем правила, в которых имеется набор полученных значений лингвистических переменных
2. **Правило 39: Местоположение «престижное» (0.35) И Отделка «прекрасная» (0.75).** По правилу конъюнкции -  $\min(0.35;0.75) = 0.35$
3. **Правило 40: Местоположение «очень престижное» (0.65) И Отделка «прекрасная» (0.75).** По правилу конъюнкции -  $\min(0.65;0.75) = 0.65$

### 3. Активизация правил

1. Значения посылок, полученные на этапе агрегации умножаются на весовой коэффициент
2. Правило 39: кредитоспособность «высокая» =  $0.35 * 1$  (1-весовой коэффициент по умолчанию) = 0.35



3. Правило 40: кредитоспособность «высокая» =  $0.65 * 1$  (1-весовой коэффициент по умолчанию) = 0.65

3. Для каждого правила используем min-активизацию (рассматриваются только значения функции принадлежности, меньшие чем полученное при расчете значение): получаем области (зеленые трапеции)

## 4. Аккумуляция правил

1. Правило 39: кредитоспособность «высокая» = 0.35

2. Правило 40: кредитоспособность «высокая» = 0.65

3. По правилу

max-дизъюнкции

(объединение

множеств)

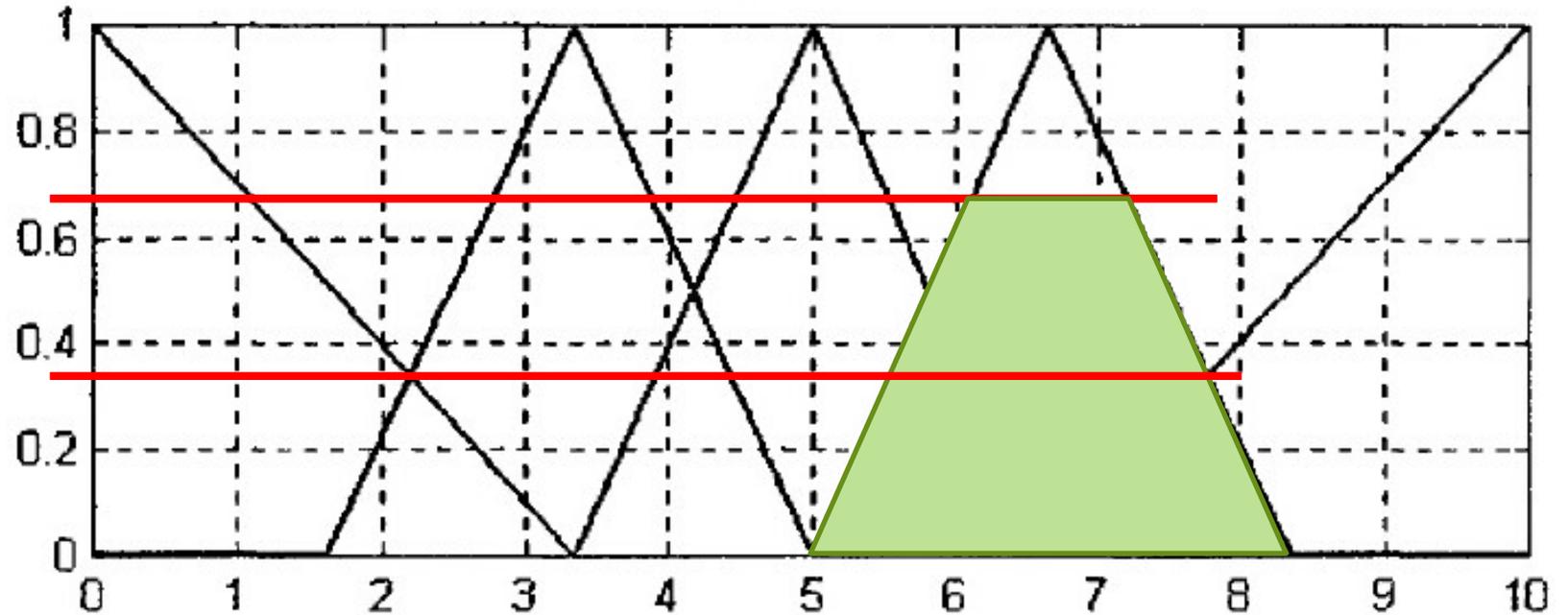
итоговое

нечеткое мно-

жество -

$\text{trapmf}(5; 6.3; 7.3; 8.4)$

очень низкая      низкая      средняя      высокая      очень высокая



Кредитоспособность

## 4. Дефаззификация

1. Используется метод «центр тяжести» или «centroid».

$$y = \frac{\int_{Min}^{Max} x \cdot \mu(x) dx}{\int_{Min}^{Max} \mu(x) dx},$$

2. Получим значение кредитоспособность «высокая» = 6.75