



НЕЧЕТКИЕ МНОЖЕСТВА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

Профессор Минзов А.С.

Содержание

1. Основные понятия теории нечетких множеств.
2. Логико-лингвистическое моделирование на основе нечетких множеств.
3. Примеры моделей.

Некоторые примеры, относящиеся к невозможности точного определения параметров

- Оценка знаний
- Оценка присутствия
- Оценка угрозы
- Оценка уязвимостей
- Оценка ценности актива
- И вообще...

Откуда всё это взялось?

- Большая часть используемых нами понятий по своей природе нечетки и размыты, например: *КАК построить пороговую функцию принадлежности для множеств «взрослый», «холодный», «качественный», «быстрый» и т.д. ???*
- Множества, для которых функция принадлежности представляет собой не жесткий порог (принадлежит/не принадлежит), а плавную кривую (часто упрощаемую ломаной линией), пробегающую все значения от нуля до единицы – **нечеткие множества (fuzzy sets)**

Барт Коско, один из классиков **нечеткой логики**:

“Бинарная ЛОГИКА - не более чем роковая ошибка античной цивилизации.”

Автор теории нечетких множеств, нечетких множеств, теории возможностей и туманных вычислений



Лютфи Рагим оглы Алескерзаде родился 4 февраля 1921 года в Баку. Среднее образование получил в столичной школе №16. В 1946 году он окончил Массачусетский технологический институт, в 1949 году получил ученую степень доктора наук в Колумбийском университете Нью-Йорка.

Для чего нужна нечеткая логика и нечеткие множества?

КАК на основе таких понятий (представленных нечеткими множествами) смоделировать процесс человеческих рассуждений ???

Путем создания аппарата, способного моделировать рассуждения на основе сложных причинно-следственных связей – *нечеткой логики и нечеткого вывода*

Нечеткая логика - надмножество булевой логики, расширенной с целью обработки значений истинности между «полностью истинным» и «полностью ложным» на основе нечетких множеств.

Разработана профессором Калифорнийского университета Беркли Лютфи А. Заде (Lotfi A. Zadeh) в работах: «Fuzzy sets» (1965г) и «Fuzzy logic» (1975г).



University of California,
Berkeley

Примеры использования нечеткой логики

Создание управляющего микропроцессора на основе нечеткой логики, способного автоматически решать «задачу о собаке, догоняющей кота» (Министерство обороны США).

Matsuhita в феврале 1991 года анонсировала первую «интеллектуальную» стиральную машину, в системе управления которой применялась нечеткая логика .

Решения сложнейших задач прогнозирования различных финансовых индикаторов (японская корпорация Yamaichi).

Замечание:

Нечеткие системы управления и прогнозирования основаны на нечеткой базе знаний и использовании **лингвистических переменных**.

В основу функционирования положен механизм **нечеткого вывода**.

Лингвистическая переменная

Опр1 (упрощенное): Лингвистическая переменная - переменная, принимающая значения из множества слов или словосочетаний некоторого естественного или искусственного языка.

Пример 1: Давление = { большое, низкое, среднее }

Опр2 (полное):

Лингвистическая переменная - набор $\langle b, T, X, G, M \rangle$, где

- **b** – наименование лингвистической переменной;
- **T** – множество ее значений (**базовое терм-множество**), представляющих собой наименования нечетких переменных на области определения **X**;
- **G** – синтаксическая процедура, позволяющая генерировать новые термы. Множество $T \cup G(T)$, где $G(T)$ - множество сгенерированных термов, – **расширенное терм-множество**;
- **M** – семантическая процедура, превращающая каждый терм из $G(T)$ в нечеткую переменную.

нечеткие переменные

Пример 2: $G(T) = \{ \text{низкое или среднее, очень большое ...} \}$

Пример

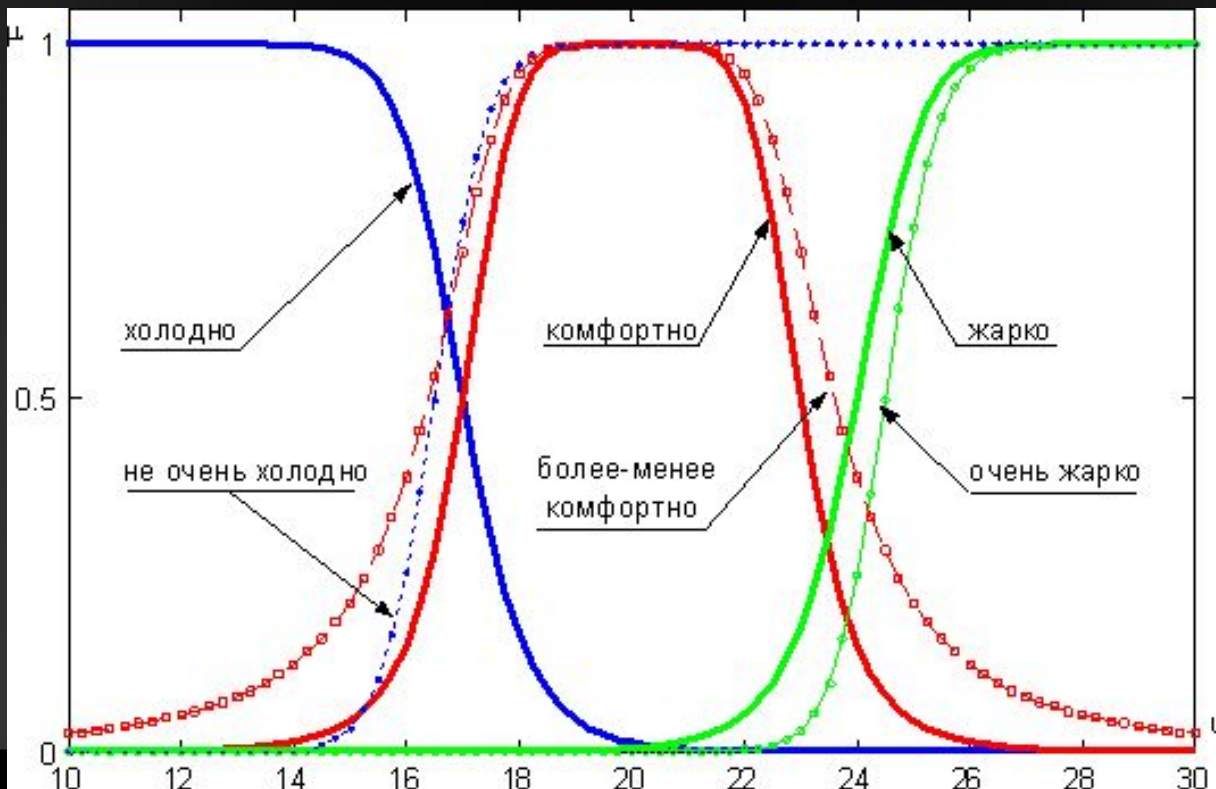
b = «температура в комнате» - имя лингвистической переменной;

$X = [5,35]$ – границы определения;

$T = \{\text{"холодно"}, \text{"комфортно"}, \text{"жарко"}\}$ - базовое терм-множество;

G - синтаксические правила, порождающее новые термы с использованием квантификаторов "и", "или", "не", "очень", "более-менее";

M - процедура, ставящая каждому новому терму в соответствие функцию принадлежности



Нечёткая переменная

Нечеткая переменная характеризуется тройкой $\langle a, X, A \rangle$, где

- a - наименование переменной,
- X - универсальное множество (область определения),
- A – функция принадлежности, определённая для всех элементов $x \in X$ и говорящая о **степени уверенности** в том, что x является значением данной переменной.

Пример:

Нечеткая переменная «высокий рост»,

- где «высокий рост» - наименование переменной,
- $X = [130, 240]$,
- A – функция принадлежности элементов из области X данной нечеткой переменной.

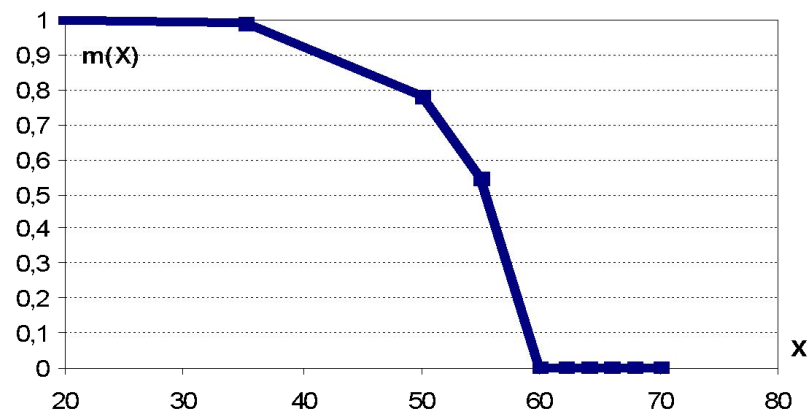


Нечёткое множество (fuzzy set)

Нечеткое множество – подмножество элементов A из области определения E такое, что каждому элементу сопоставлена степень принадлежности этого элемента множеству A .

- ❑ Нечеткое множество полностью определяется заданием функции принадлежности $\mu_A(x)$: ее область значений – отрезок $[0,1]$.
- ❑ Чем выше значение $\mu_A(x)$: , тем выше оценивается степень принадлежности элемента $x \in E$ нечеткому множеству A .

Пример:
Нечеткое множество
«Оптимальный
возраст работника»: $A=[20,70]$,
 $E=[20,100]$,
функция принадлежности,
полученная
на основе опроса ряда экспертов:



Операции над нечеткими величинами

Нечеткие числа

● Сложение нечетких чисел

$$\begin{aligned}\tilde{C} = \tilde{A} + \tilde{B} &= \bigcup_{\alpha_i} [-a_{\alpha_i} + -b_{\alpha_i}, \bar{a}_{\alpha_i} + \bar{b}_{\alpha_i}] \\ &= [-a_0 + -b_0, \bar{a}_0 + \bar{b}_0] \cup [-a_{0.2} + -b_{0.2}, \bar{a}_{0.2} + \bar{b}_{0.2}] \\ &\cup [-a_{0.5} + -b_{0.5}, \bar{a}_{0.5} + \bar{b}_{0.5}] \cup [-a_1 + -b_1, \bar{a}_1 + \bar{b}_1]\end{aligned}$$

складываются значения верхней границы одного множества со значениями верхней границы другого множества для каждого α -среза, аналогично для нижних границ.

Нечеткие числа

- Операция вычитания / разность двух нечетких чисел

$$\tilde{C} = \tilde{A} - \tilde{B} = \bigcup_{\alpha_i} [-a_{\alpha_i} - \bar{b}_{\alpha_i}, \bar{a}_{\alpha_i} - b_{\alpha_i}] = [-a_0 - \bar{b}_0, \bar{a}_0 - b_0] \cup [-a_{0.2} - \bar{b}_{0.2}, \bar{a}_{0.2} - b_{0.2}] \\ \cup [-a_{0.5} - \bar{b}_{0.5}, \bar{a}_{0.5} - b_{0.5}] \cup [-a_1 - \bar{b}_1, \bar{a}_1 - b_1]$$

из значения верхней границы одного множества вычитается значение нижней границы другого множества и наоборот.

Нечеткие числа

● Умножение

● перемножаются значения верхней границы одного множества со значениями верхней границы другого множества, аналогично для нижних границ

$$\begin{aligned}\tilde{C} = \tilde{A} * \tilde{B} &= \bigcup_{\alpha_i} [-a_{\alpha_i} * -b_{\alpha_i}, \bar{a}_{\alpha_i} * \bar{b}_{\alpha_i}] \\ &= [-a_0 * -b_0, \bar{a}_0 * \bar{b}_0] \cup [-a_{0.2} * -b_{0.2}, \bar{a}_{0.2} * \bar{b}_{0.2}] \cup [-a_{0.5} * -b_{0.5}, \bar{a}_{0.5} * \bar{b}_{0.5}] \\ &\cup [-a_1 * -b_1, \bar{a}_1 * \bar{b}_1]\end{aligned}$$

Нечеткие числа

● Деление

$$\begin{aligned}\tilde{C} = \tilde{A}/\tilde{B} &= \bigcup_{\alpha_i} [-a_{\alpha_i}/\bar{b}_{\alpha_i}, \bar{a}_{\alpha_i}/-b_{\alpha_i}] \\ &= [-a_0/\bar{b}_0, \bar{a}_0/-b_0] \cup [-a_{0.2}/\bar{b}_{0.2}, \bar{a}_{0.2}/-b_{0.2}] \cup [-a_{0.5}/\bar{b}_{0.5}, \bar{a}_{0.5}/-b_{0.5}] \\ &\cup [-a_1/\bar{b}_1, \bar{a}_1/-b_1]\end{aligned}$$

значение верхней границы каждого среза одного множества делится на значение нижней границы другого множества и наоборот

Основные операции над нечёткими отношениями

1) Объединение двух отношений $R_1 \cup R_2$.

$$\mu_{R_1 \cup R_2}(x, y) = \max\{\mu_{R_1}(x, y), \mu_{R_2}(x, y)\}$$

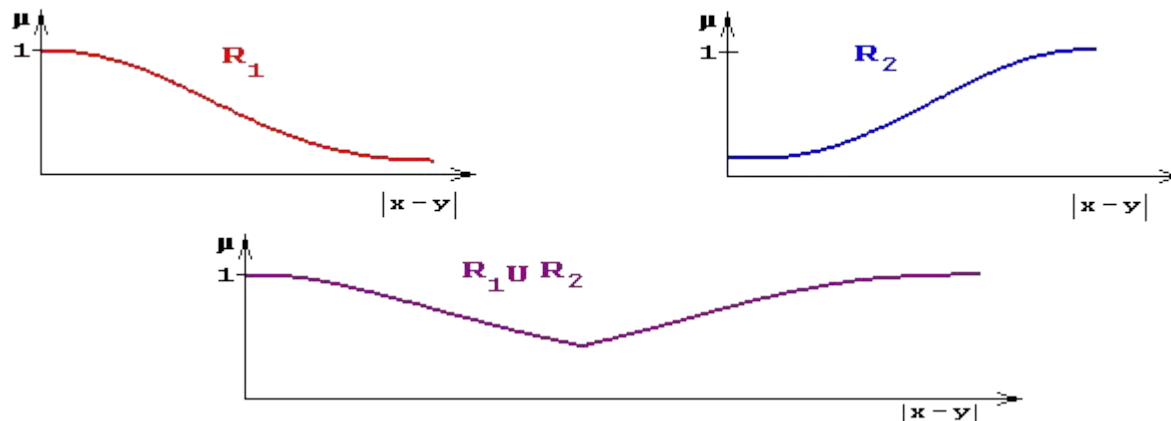
Пример:

xR_1y - «действительные числа x и y очень близкие»,

xR_2y - «числа x и y очень различные»,

$x(R_1 \cup R_2)y$ - «числа x и y очень близкие или очень различные».

Замечание: Функции принадлежности отношений заданы на $|x-y|$.

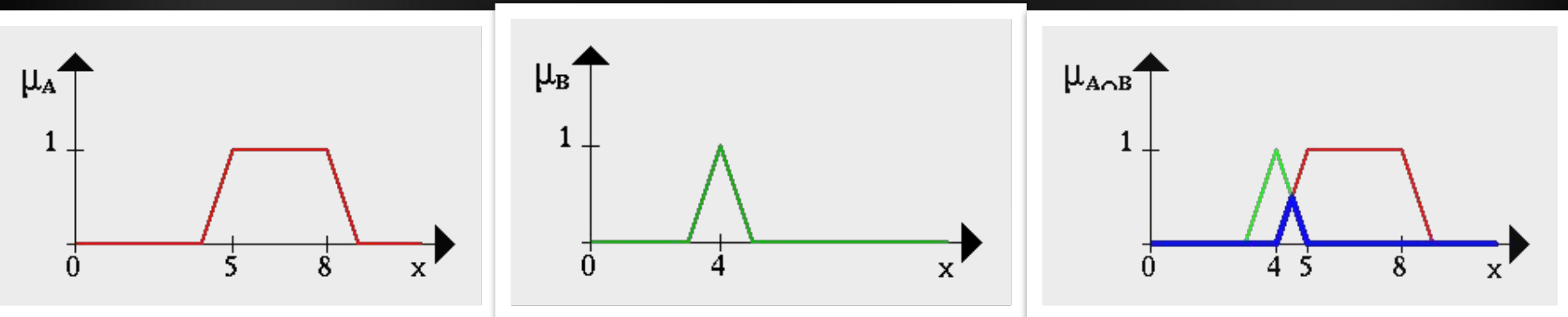


Операции над нечёткими множествами

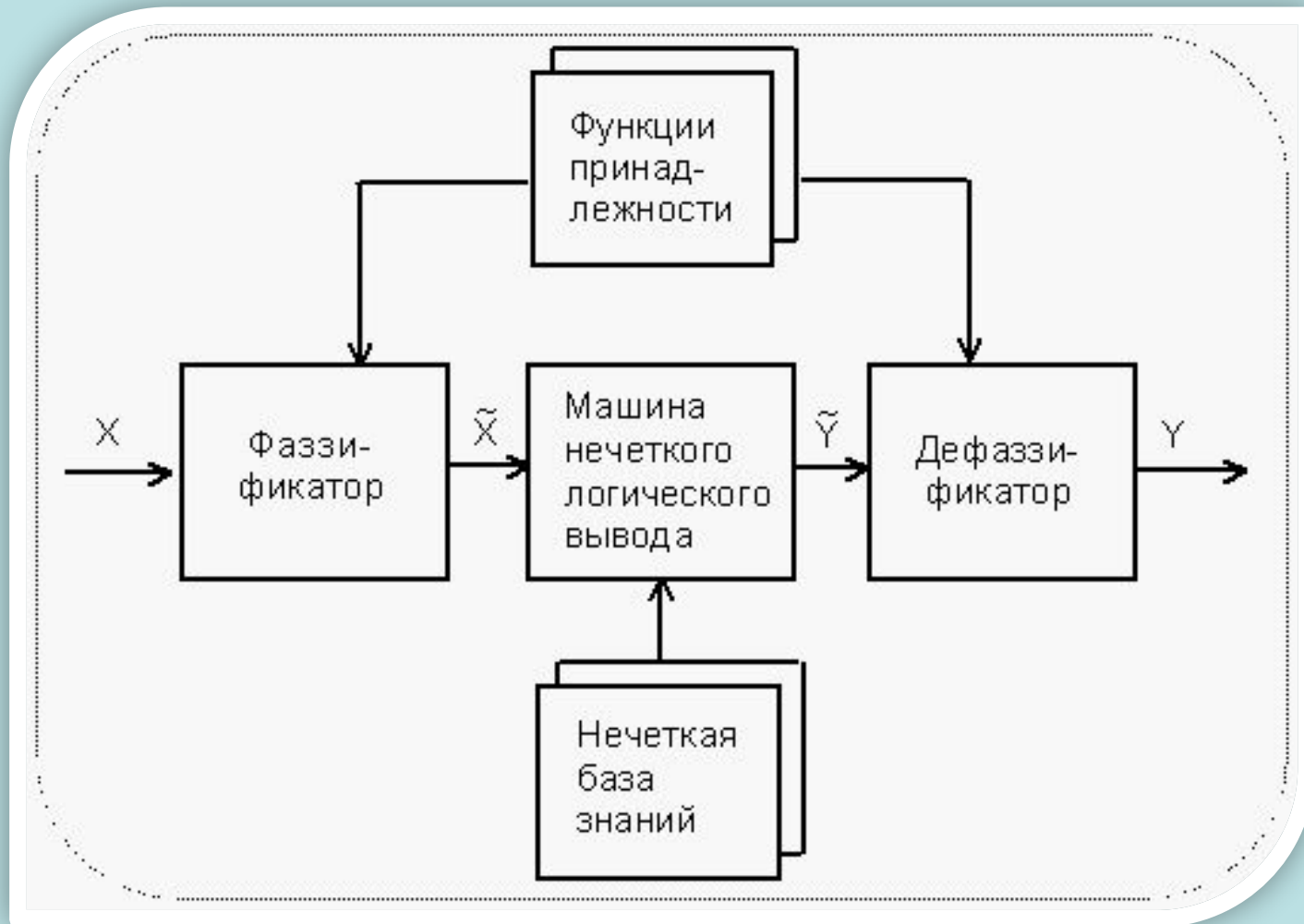
Даны нечеткие множества A и B с функциями принадлежности: $\mu_A(u)$ и $\mu_B(u)$, тогда результат операций - нечеткое множество с функцией принадлежности $\mu_C(u)$, причем:

- если $C = A \cap B$, то $\mu_C(u) = \min(\mu_A(u), \mu_B(u))$;
- если $C = A \cup B$, то $\mu_C(u) = \max(\mu_A(u), \mu_B(u))$;
- \overline{A}

Пример: Пусть A - нечеткое множество «числа от 5 до 8» и B – нечеткое множество «числа около 4», заданные своими функциями принадлежности ($E = [0, 10]$)

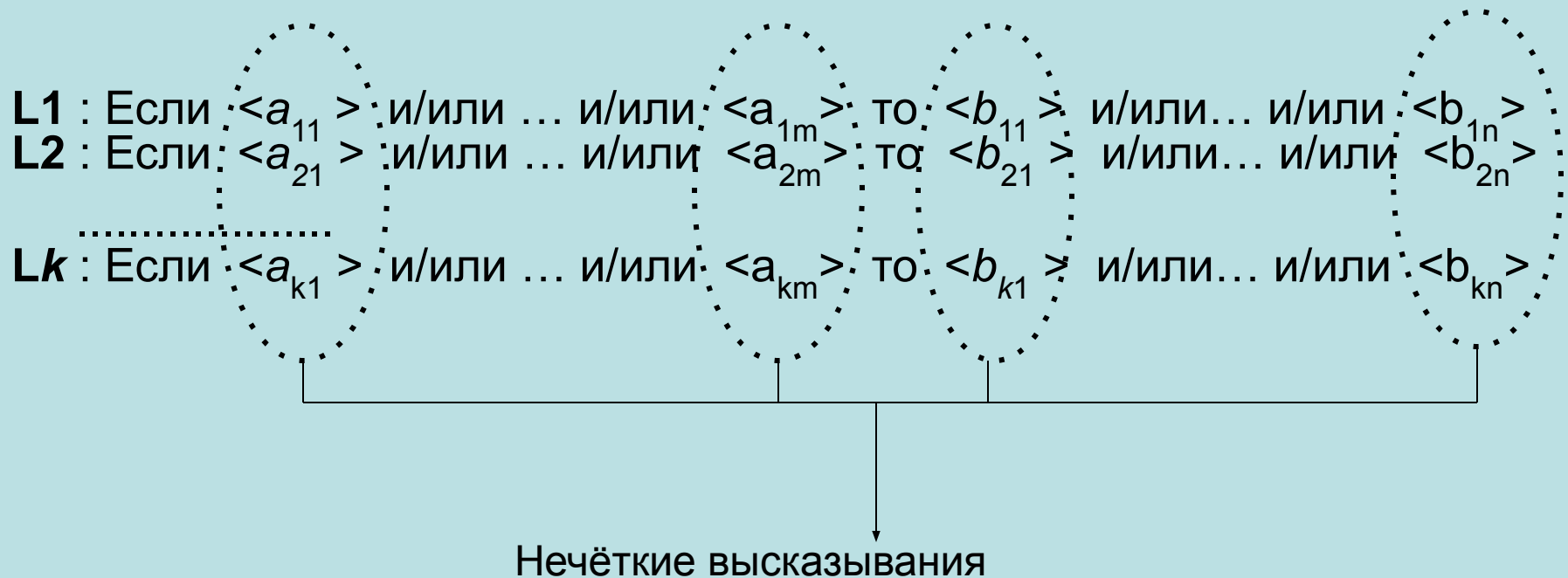


Лингвистические модели

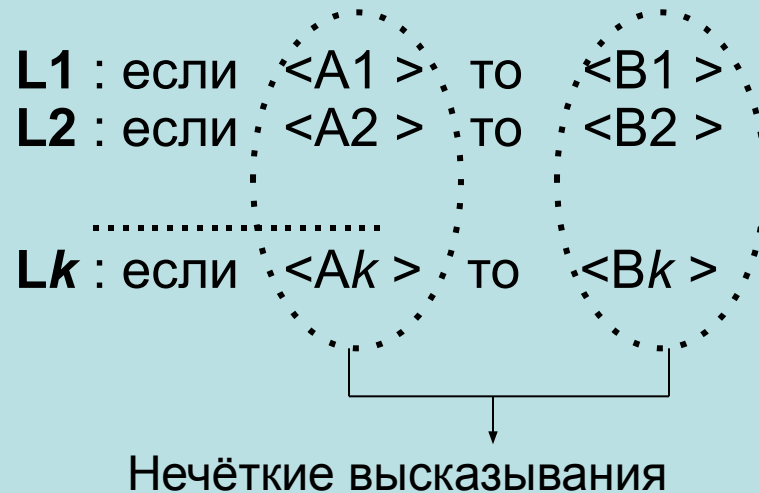


Логико-лингвистическое описание систем, нечеткие модели

Логико-лингвистические методы описания систем основаны на том, что поведение исследуемой системы описывается в естественном (или близком к естественному) языке в терминах лингвистических переменных.



Логико-лингвистическое описание систем, нечеткие модели



Совокупность импликаций $\{L1, L2, \dots, Lk\}$ отражает функциональную взаимосвязь входных и выходных переменных и является основой построения нечеткого отношения \mathbf{XRY} , заданного на произведении $X \times Y$ универсальных множеств входных и выходных переменных.

Отношение \mathbf{R} строится как $\bigotimes_i L_i$.

Нечёткий вывод

Опр: **Нечетким логическим выводом** (fuzzy logic inference) называется аппроксимация зависимости $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ каждой выходной лингвистической переменной от входных лингвистических переменных и получение заключения в виде нечеткого множества, соответствующего текущим значениям входов, с использованием нечеткой базы знаний и нечетких операций. Основу нечеткого логического вывода составляет композиционное правило Заде

В общем случае нечеткий вывод решения происходит за три (или четыре) шага.



База знаний

Общий вид правил в базе знаний:

Если

Лингвистическая Переменная 1 есть Терм Лингвистической Переменной 1

и

Лингвистическая Переменная 2 есть Терм Лингвистической Переменной 2

и ... и

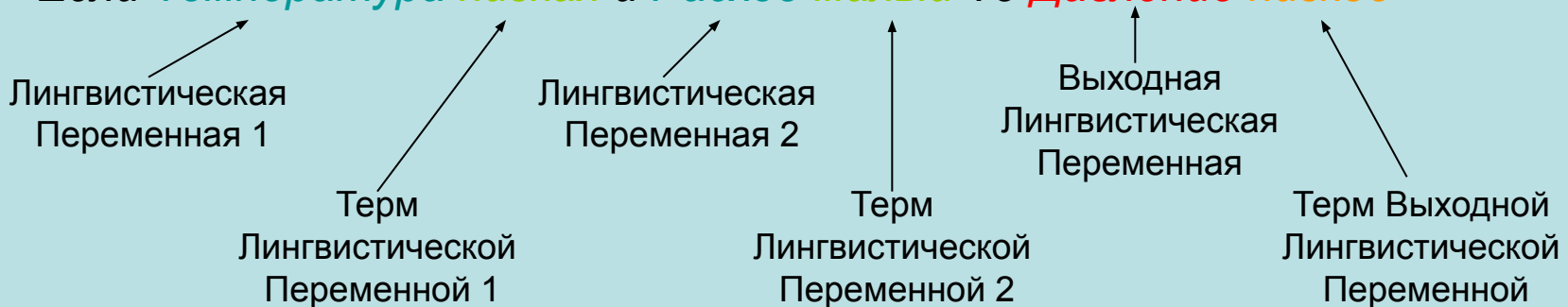
Лингвистическая Переменная N есть Терм Лингвистической Переменной N

То

Выходная Лингвистическая Переменная есть Терм Выходной Линг.Перем.

Пример:

Если *Температура низкая* и *Расход малый* То *Давление низкое*



Нечёткий вывод

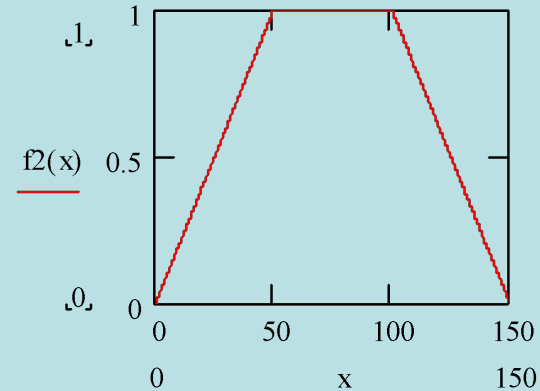
Пусть есть система описывающая поведение некоторого реактора в виде следующих правил:

- *Если Температура низкая и Расход малый, то Давление низкое*
- *Если Температура средняя, то Давление среднее*
- *Если Температура высокая или Расход большой то Давление высокое*

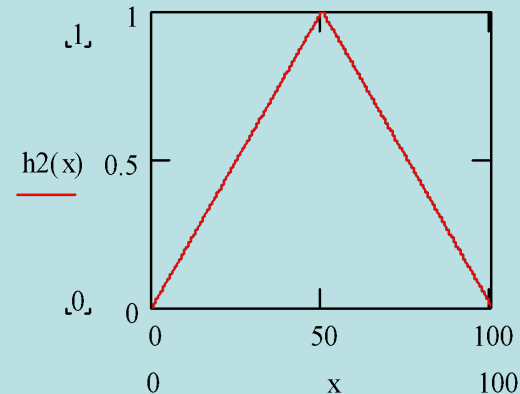
Известны значения температуры: 85 и расхода: 3.5. Необходимо вывести значение давления.

Нечёткий вывод

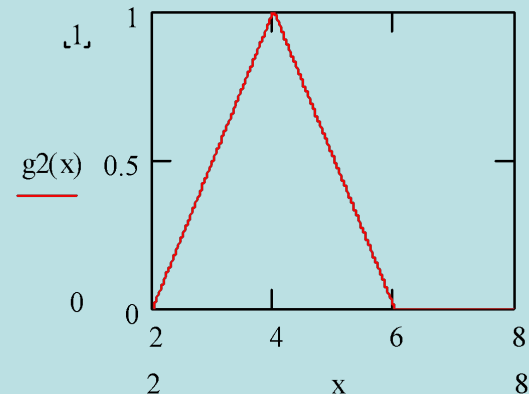
Температура. (множество возможных значений) – отрезок $[0, 150]$. Начальное множество термов {Высокая, Средняя, Низкая}. Функции принадлежности термов имеют следующий вид:



Давление. отрезок $[0, 100]$. Начальное множество термов {Высокое, Среднее, Низкое} Функции принадлежности термов имеют следующий вид:



Расход. отрезок $[0, 8]$. Начальное множество термов {Большой, Средний, Малый} Функции принадлежности термов имеют следующий вид



Нечёткий вывод

1) Этап фаззификации

С помощью функций принадлежности всех термов входных лингвистических переменных и на основании задаваемых четких значений из универсов входных лингвистических переменных определяются степени уверенности в том, что выходная лингвистическая переменная принимает значение – конкретный терм. Эта степень уверенности есть ордината точки пересечения графика функции принадлежности терма и прямой $x =$ четкое значение ЛП.

В нашем примере имеем:

- Температура Высокая - 0.7
- Температура Средняя - 1
- Температура Низкая - 0,3

85



0.7

Нечёткий вывод

2) Этап непосредственного нечёткого вывода

На основании набора правил – нечеткой базы знаний – вычисляется значение истинности для предпосылки каждого правила на основании конкретных нечетких операций, соответствующих конъюнкции или дизъюнкции термов в левой части правил. Используя один из способов построения нечёткой импликации мы получим нечёткую переменную, соответствующую вычисленному значению степени уверенности в левой части правила и нечеткому множеству в правой части правила.

Определение посылок правил:

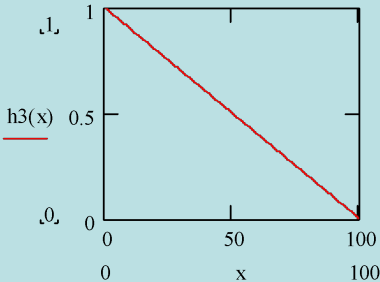
Температура низкая и Расход малый: $\min(\text{Темп. Низкая}, \text{Расход Малый}) = \min(0.3, 0.25) = 0.25$

Температура Средняя : 1

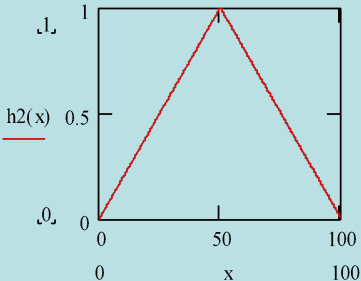
Температура Высокая или Расход Большой: $\max(\text{Темп. Высокая}, \text{Расход Большой}) = \max(0.7, 0) = 0,7$

Нечёткий вывод

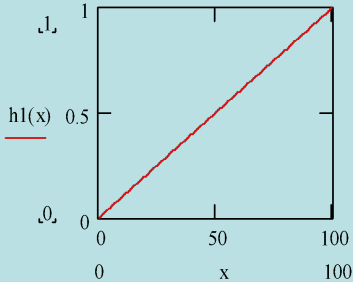
Правило 1



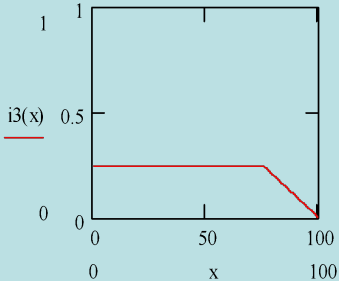
Правило 2



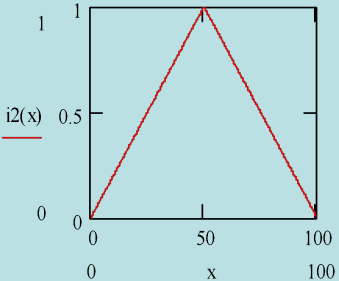
Правило 3



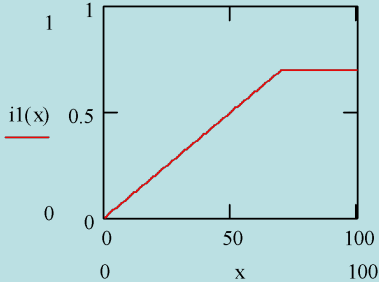
0,25



1



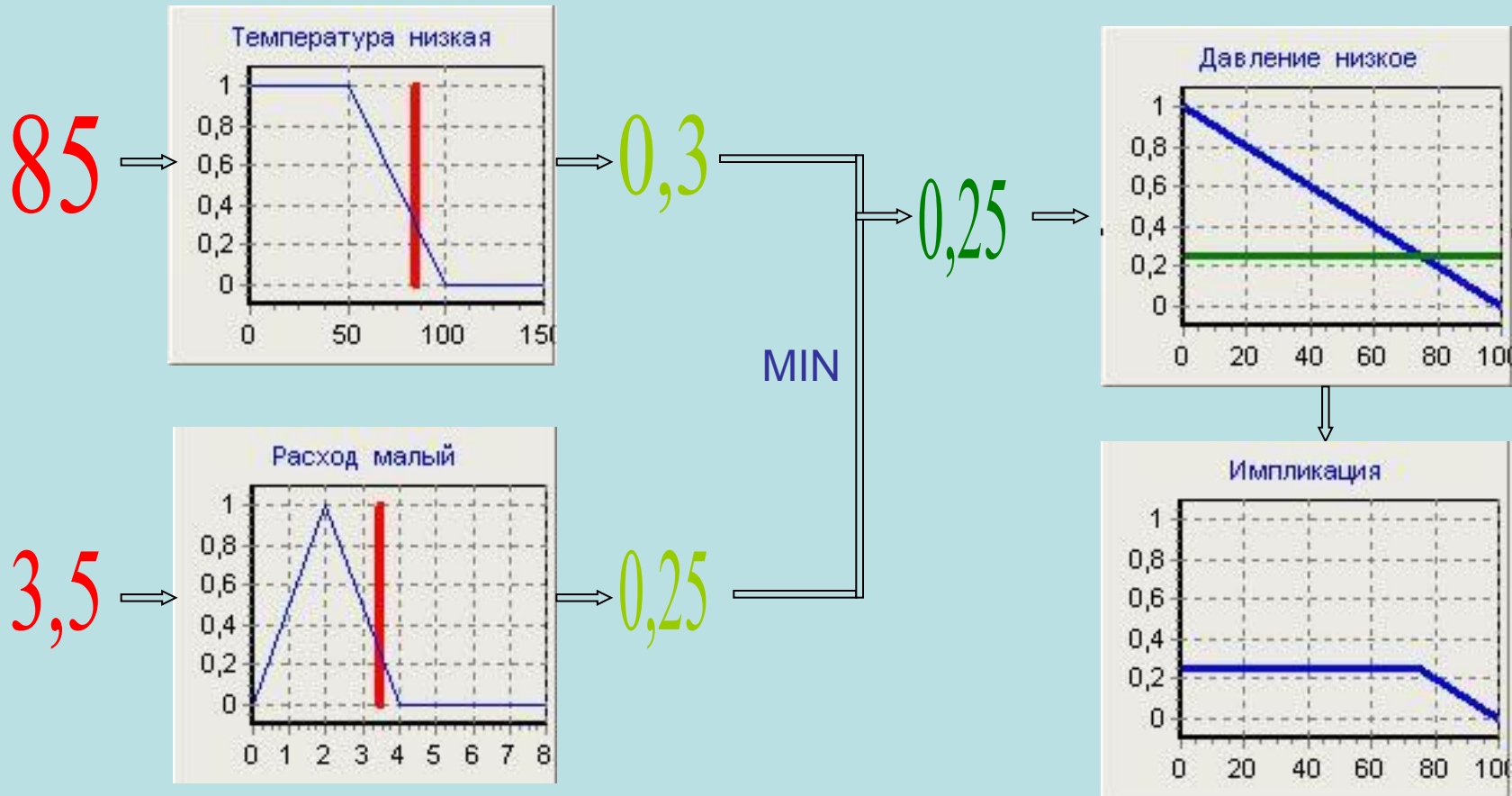
0,7



Нечёткий вывод

Построение нечёткой импликации:

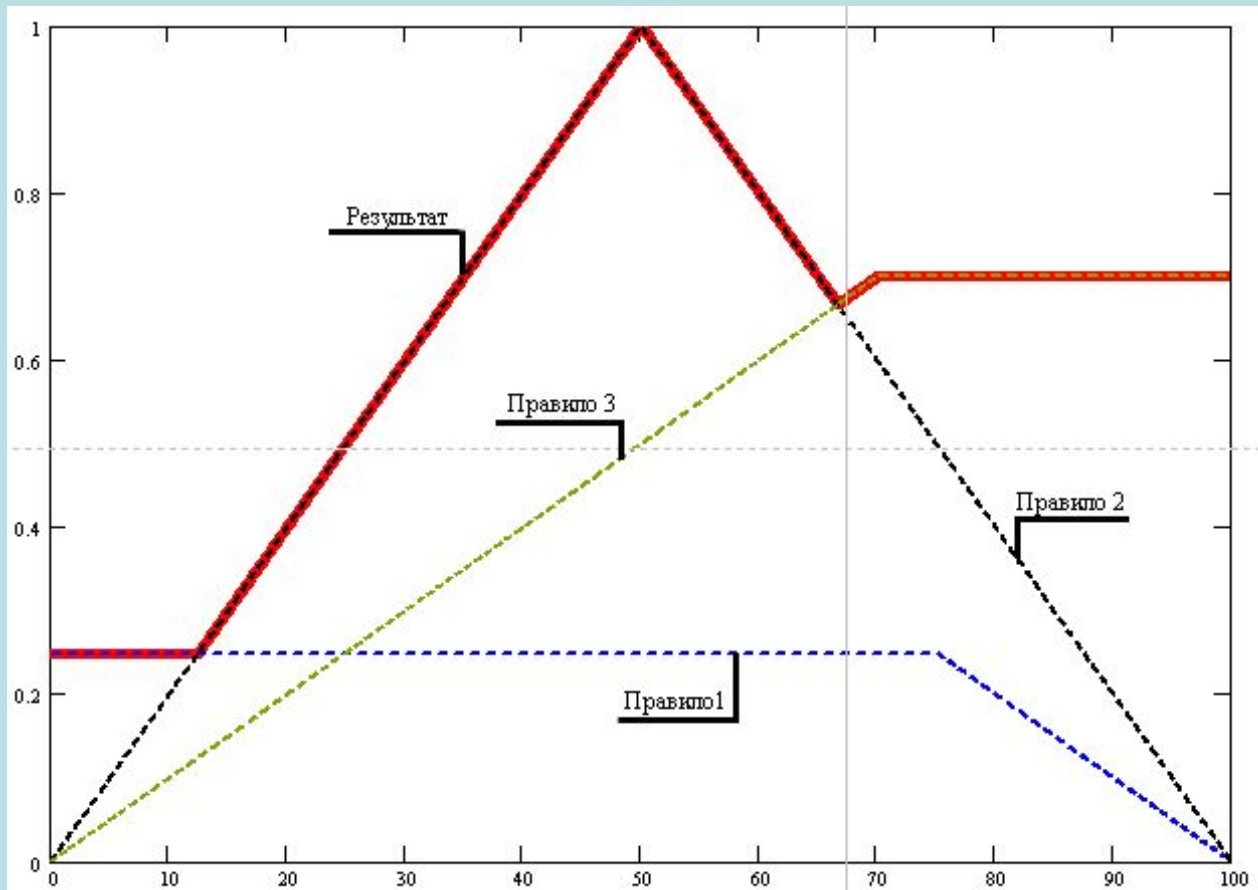
Если ТЕМПЕРАТУРА низкая И РАСХОД малый, то ДАВЛЕНИЕ низкое



Нечёткий вывод

3) Этап композиции (аккумуляции)

Все нечеткие множества, назначенные для каждого термина каждой выходной лингвистической переменной объединяются вместе и формируется единственное нечеткое множество - значение для каждой выводимой лингвистической переменной. Обычно для этого используются функции MAX или SUM



Нечёткий вывод

4) Этап дефаззификации (необязательный)

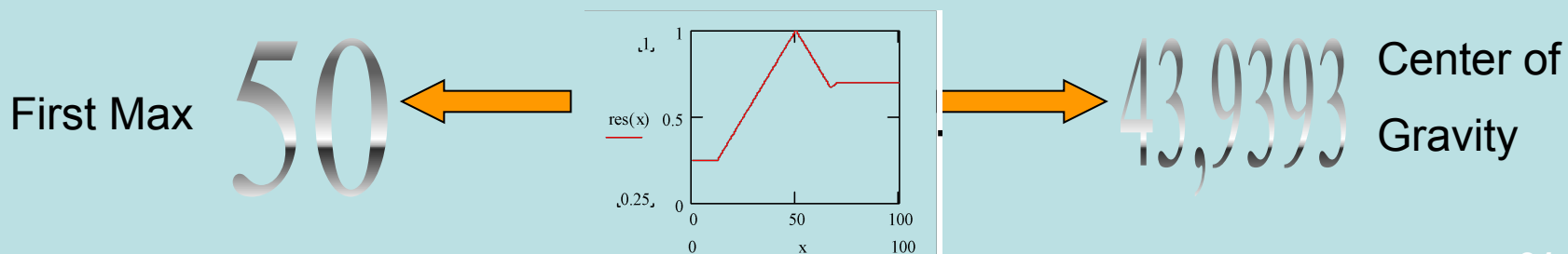
Используется когда необходимо от полученного нечёткого множества перейти к конкретному числовому значению.

Для данного этапа существует более 30 методов.

Два из общих методов - это «методы полной интерпретации» и «по максимуму».

В методе полной интерпретации, точное значение выводимой переменной вычисляется как значение "центра тяжести" функции принадлежности для нечеткого значения.

В методе максимума в качестве точного значения выводимой переменной принимается максимальное значение функции принадлежности.



ОПИСАНИЕ ПРИМЕРОВ

Пример 1

- Рассмотрим модель, состоящую из трех параметров, где «А» и «В» - входные переменные, а «С» - выходная. Причем, каждая из переменных может принимать соответствующие значения, т.е. обладает своим лингвистически задаваемым терм-множеством..

Этапы

1. Формирование базы правил системы нечеткого вывода.
2. Фаззификация входных параметров.
3. Агрегирование.
4. Активизация подусловий в нечетких правилах продукций.
5. Дефаззификация

1. Создание базы правил

Правило_1: Если «Условие_A1» или «Условие_B1» ТО
«Следствие_C1»

Правило_2: Если «Условие_A2» или «Условие_B2» ТО
«Следствие_C2»

...

Правило_n: Если «Условие_An» или «Условие_Bn» ТО
«Следствие_Cn»,

2. Фаззификация входных параметров

- Фаззификацией, или введением нечеткости, называется процесс нахождения функции принадлежности нечетких множеств на основе обычных исходных данных. На данном этапе устанавливается соответствие между численным значением входной переменной системы нечеткого вывода и значением функции принадлежности соответствующей ей лингвистической переменной.

Агрегирование

Целью данного этапа является определение степени истинности каждого из подзаключений по каждому из правил систем нечеткого вывода. Далее это приводит к одному нечеткому множеству, которое будет назначено каждой выходной переменной для каждого правила.

Активизация подусловий в нечетких правилах продукций

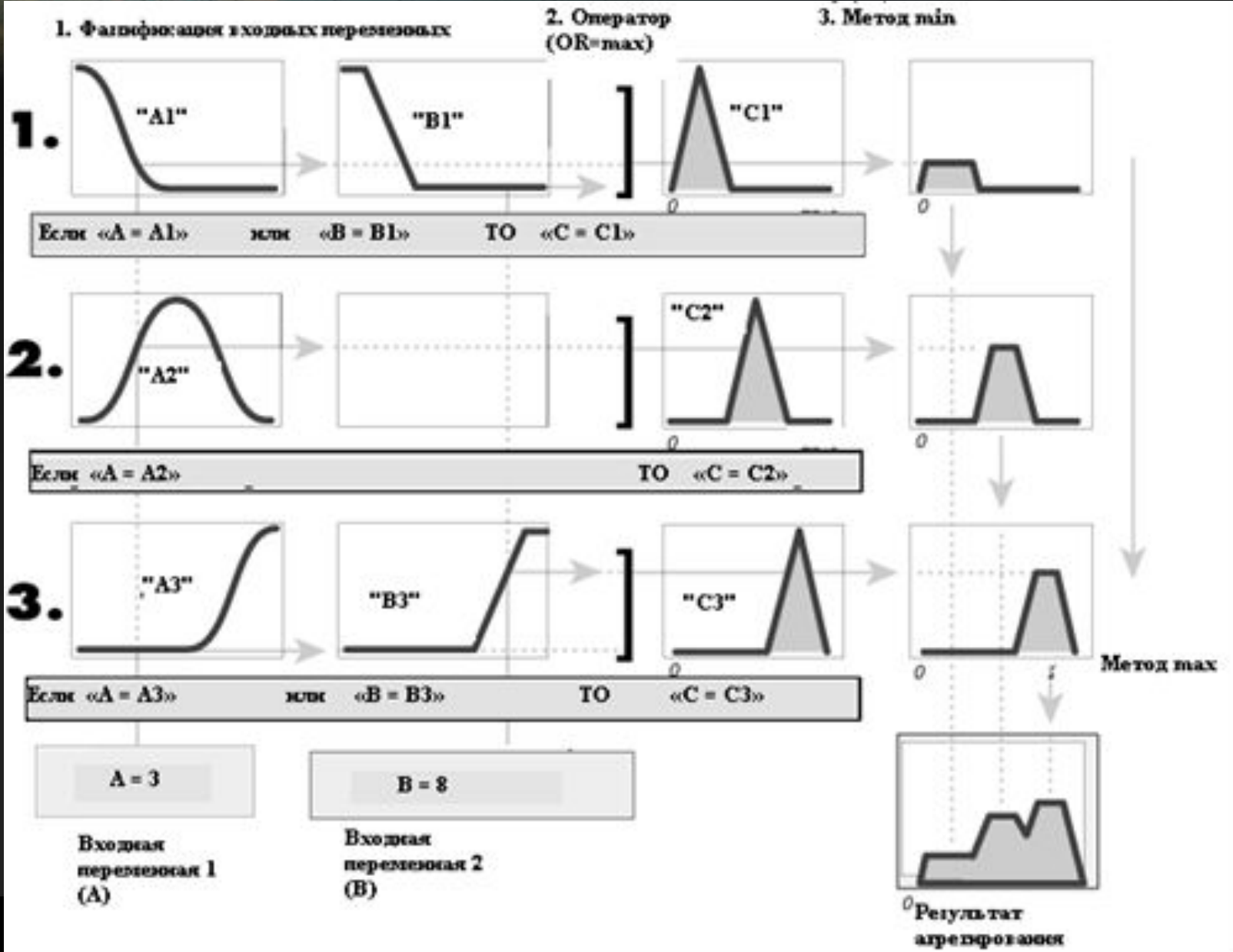
- Нечеткие подмножества, назначенные для каждой выходной переменной, объединяются вместе, чтобы сформировать одно нечеткое подмножество для каждой переменной.

Дефазификация

- Дефазификация

Полученные результаты всех выходных переменных на предыдущих этапах нечеткого вывода преобразуются в обычные количественные значения каждой из выходных переменных. Например методом центра тяжести.

Этапы нечеткого вывода



Постановка задачи

Понятие «риск ИБ»

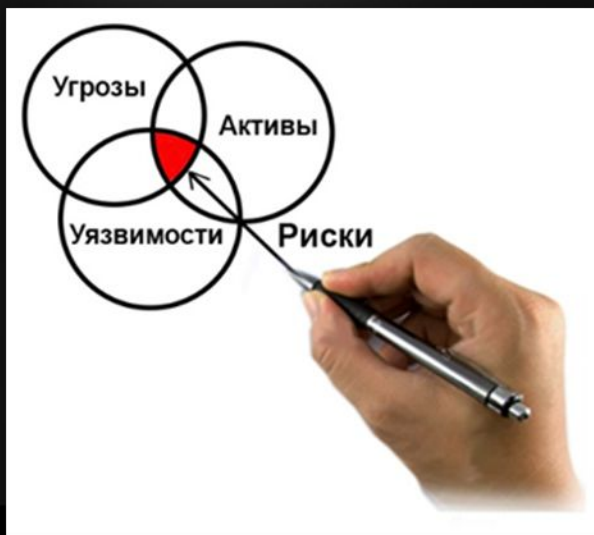
Риск информационной безопасности (information security risk): Возможность того, что данная угроза сможет воспользоваться уязвимостью актива или группы активов и тем самым нанесет ущерб организации (ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005).

Примечания:

1. Риск измеряется исходя из комбинации вероятности события и его последствия.
2. В контексте данного национального стандарта применительно к количественной оценке риска вместо термина "возможность, вероятность" (probability) используется термин "вероятность" (likelihood).
3. Почему нельзя использовать понятия ИТ-риск (IT – риск) или информационный риск.

Уточним понятие «риск ИБ»

Риск информационной безопасности (information security risk): Возможность того, что данная угроза сможет воспользоваться уязвимостью актива или группы активов и тем самым нанесет ущерб организации (ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005).



$R = A \cap T \cap Y$, где

$A \neq \emptyset, T \neq \emptyset, Y \neq \emptyset$;

$r_i = 0$, если $(a_i = 0) \cup (t_i = 0) \cup (y_i = 0)$.

Следствия из этого определения

- Отсутствие любого параметра в этой модели рисков не имеет смысла.
- Где тут комбинация вероятности на последствия ?
- А если это единичные события, где вероятность ?

Как измеряется риск ?

Проблема представления риска

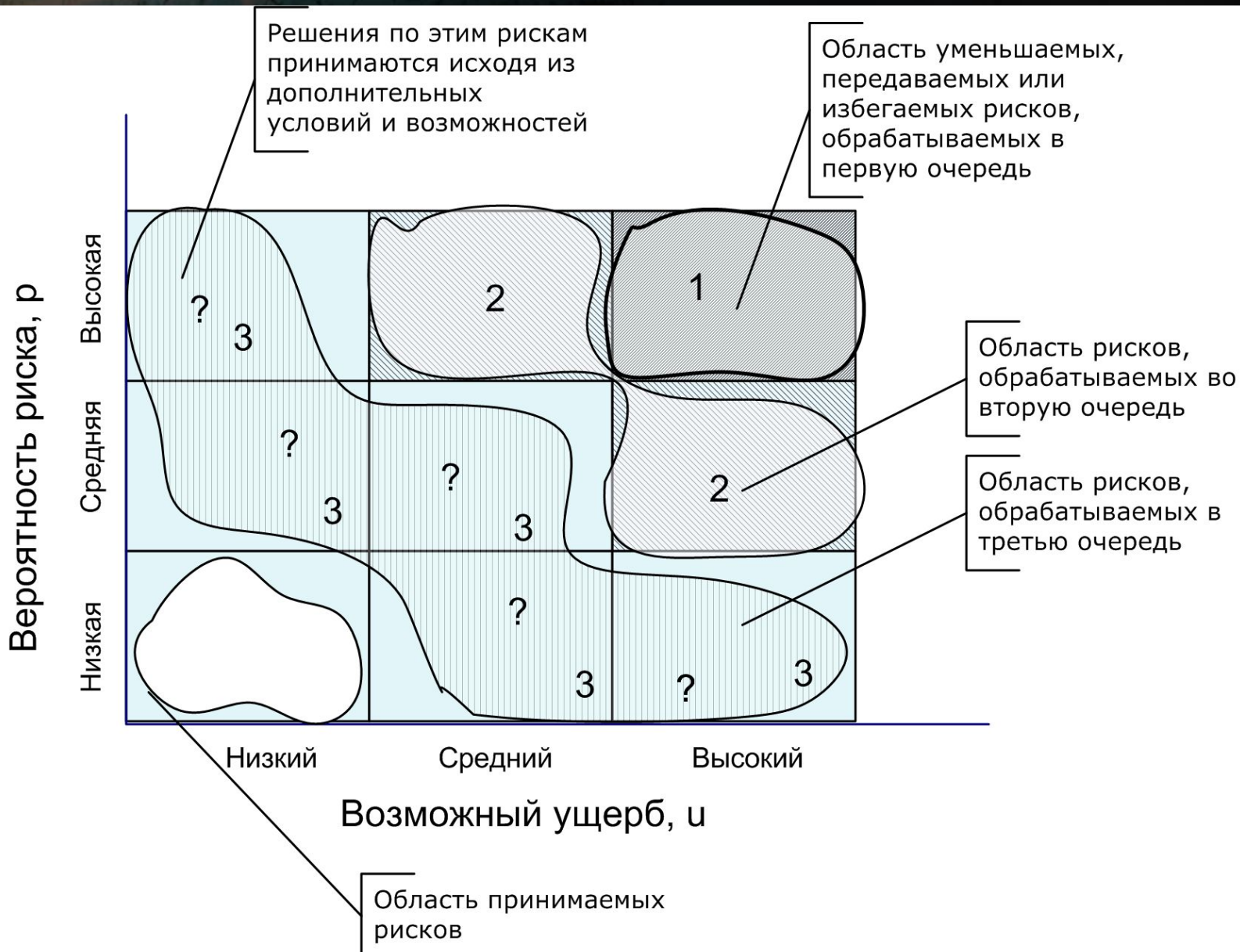
$$R = \langle U, P \rangle,$$

где U – потери, P – возможность реализации угрозы через уязвимость.

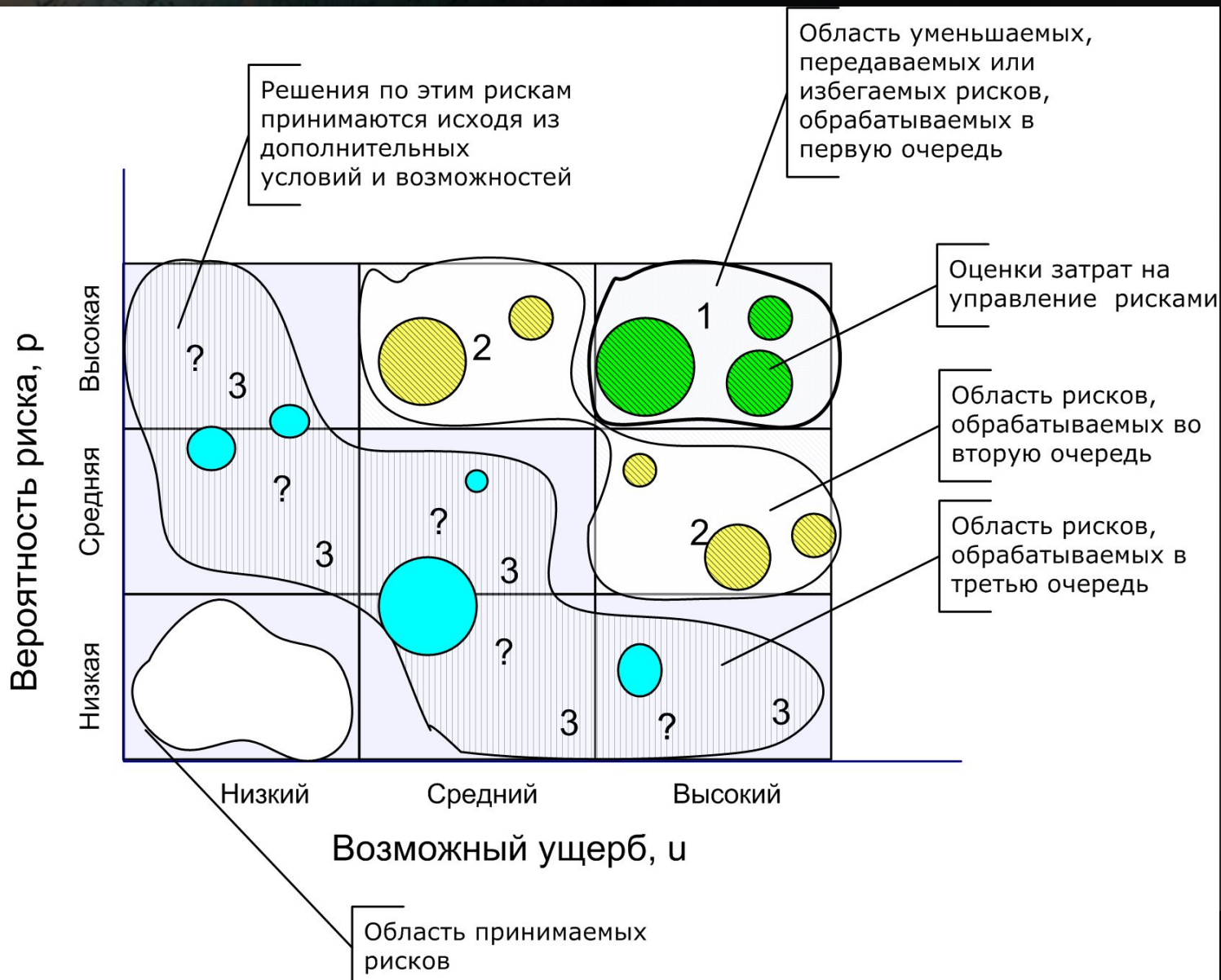
Варианты:

1. *Использование двухфакторного представления рисков.*
2. *Использование свертки функции R*
3. *$P > P_0, R = \langle U \rangle$*
4. *$P > P_0, R = \langle U, Z \rangle$, где Z – затраты на меры защиты.*

Стандарт NIST



Трехфакторные модели управления рисками



Вариант определения метрики риска

Область Ута для принимаемых рисков (вариант)

Область Ута для рисков, обрабатываемых во вторую очередь (вариант)

Оценка возможности возникновения угрозы, Ta		Низкая			Средняя			Высокая		
		Н	С	В	Н	С	В	Н	С	В
Оценка ценности актива, Va	Малоценный	0	1	2	1	2	3	2	3	4
	Невысокая	1	2	3	2	3	4	3	4	5
	Средняя	2	3	4	3	4	5	4	5	6
	Высокая	3	4	5	4	5	6	5	6	7
	Критичная	4	5	6	5	6	7	6	7	8

Область Ута для рисков, обрабатываемых в первую очередь (вариант)

Методы оценки метрики риска

1. Метрика (M)– это мера измерения R.
2. Варианты метрик $M = f(A, T, Y)$
 - a) Табличная форма измерения.
 - b) Аддитивная функция $M = A + T + Y$, если параметры заданы в числовых равнозначных или близких шкалах.
 - c) Мультипликативная функция $M = A \times T \times Y$.
 - d) Нечеткое множество:
 - » $A = \{ a, \mu_A(a) \}$
 - » $T = \{ t, \mu_A(t) \}$
 - » $Y = \{ y, \mu_A(y) \}$

Какие задачи можно решать с использованием рисков ИБ ?

1. Обоснование СМИБ на основе упорядочивании и классификация рисков по степени опасности (K):

a) $R = \{r_i\}$, где $r_i \geq r_{i+1} \geq r_{i+2} \geq \dots \geq r_n$
b) $\forall r_i (r_i \in R), (K_{vi} \geq K_{vo}) \rightarrow (r_i \in K_1) \vee (r_i \in K_2) \vee (r_i \in K_3) \dots$

где K – класс опасности риска.

a) $\forall r_i (r_i \in S) \rightarrow (r_i \in S_1) \vee (r_i \in S_2) \vee (r_i \in S_3) \vee (r_i \in S_4)$,
где S -способ обработки рисков.

a) Выделение агрегатов рисков (подмножеств), связанных между собой по параметрам T, Y, A и оценка их мощности

$$\mathcal{A} = \langle |T| : |Y| : |A| \rangle$$

Какие задачи можно решать с использованием рисков ИБ ?

2. Обоснование системы информационной безопасности (СМИБ) на основе экономических оценок рисков

- Создание неизбыточных СМИБ.

$$R = \langle T_{ya}, Y_{ta}, U_{ta} \rangle, \forall r_{ta}, (z_{ta} < u_{ta})$$

- Создание СМИБ в условиях ограничений на затраты.

$$R = \langle T_{ya}, Y_{ta}, U_{ta} \rangle, \forall r_{ta}, (z_{ta} < u_{ta}), (\sum z_{ta} < z_o)$$

- Создание рациональных (условно-оптимальных) СМИБ

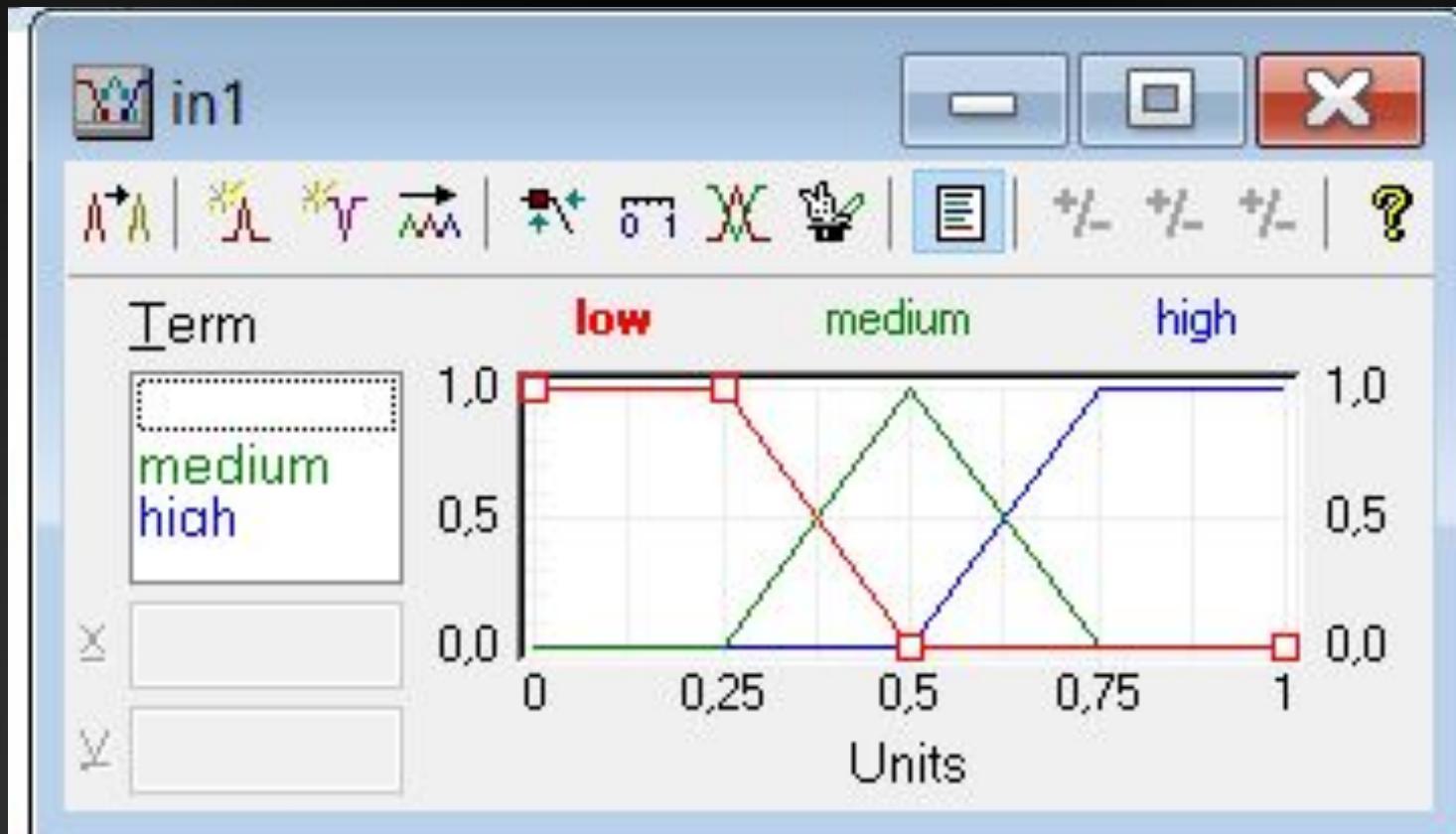
$$R = \langle T_{ya}, Y_{ta}, U_{ta} \rangle, \\ \max \{ \sum u_{ta} \}, (\sum z_{ta} < z_o)$$

Постановка задачи

NoNo	A			T			Y			R		
1	A	S	3	T	t	2	Y	t	3	R	S	5
2	A	S	4	T	t	3	Y	t	2	R	S	7
3	A	S	3	T	t	3	Y	t	4	R	T	7
4	A	S	3	S	t	4	Y	t	2	R	S	7
5	A	S	4	T	t	3	Y	t	3	R	T	6
6	A	S	2	T	t	3	Y	t	2	R	S	5
7	A	S	4	T	t	3	Y	t	2	R	S	6
8	A	S	2	T	t	3	Y	t	3	R	T	7
9	A	T	3	T	t	4	Y	t	3	R	S	6
10	A	S	4	T	t	4	Y	t	2	R	S	8
11	A	S	3	T	t	3	Y	t	2	R	S	6
12	A	S	4	T	t	4	Y	t	3	R	T	6
13	A	S	3	T	t	3	Y	t	3	R	S	7
14	A	T	3	T	t	2	Y	t	2	R	T	8
15	A	S	2	T	t	4	Y	t	4	R	S	6
16	A	S	2	T	t	4	Y	t	2	R	S	8
17	A	S	2	T	t	4	Y	t	3	R	S	8
18	A	S	3	S	t	2	Y	t	2	R	S	6
19	A	S	4	T	t	2	Y	t	3	R	T	6
20	A	T	4	T	t	4	Y	t	4	R	S	7
21	A	S	2	T	t	2	Y	t	4	R	S	8
22	A	S	3	T	t	2	Y	t	3	R	S	5
23	A	S	3	T	t	3	Y	t	3	R	T	5
24	A	S	2	T	t	4	Y	t	2	R	S	5
25	A	T	3	S	t	4	Y	t	2	R	S	7
26	A	S	4	T	t	3	Y	t	2	R	T	5

Разработать модель оценки рисков с использованием нечетких множеств. Полученную модель проверить на логику полученных оценок рисков. Результаты представить в виде рисунков, таблиц, скриншотов с необходимыми пояснениями.

Настройка функций принадлежности



fuzzyTECH 6.03c MCU-HC11/12 Demo - <untitled>*

File Edit View Debug Analyzer Tools Window Help

untitled

- Variable Groups
- Inputs
- Outputs
- Intermediates
- Rule Blocks
- Text
- Online Connections

Project Editor

```
graph LR; in1[in1] --> RB1[RB1]; in2[in2] --> RB1; RB1 --> out1[out1]; RB1 --> out2[out2];
```

L1	RB1	B1
in1		out1
in2		
Min	45	Max

Ready. Design Mode

Настройка блока правил

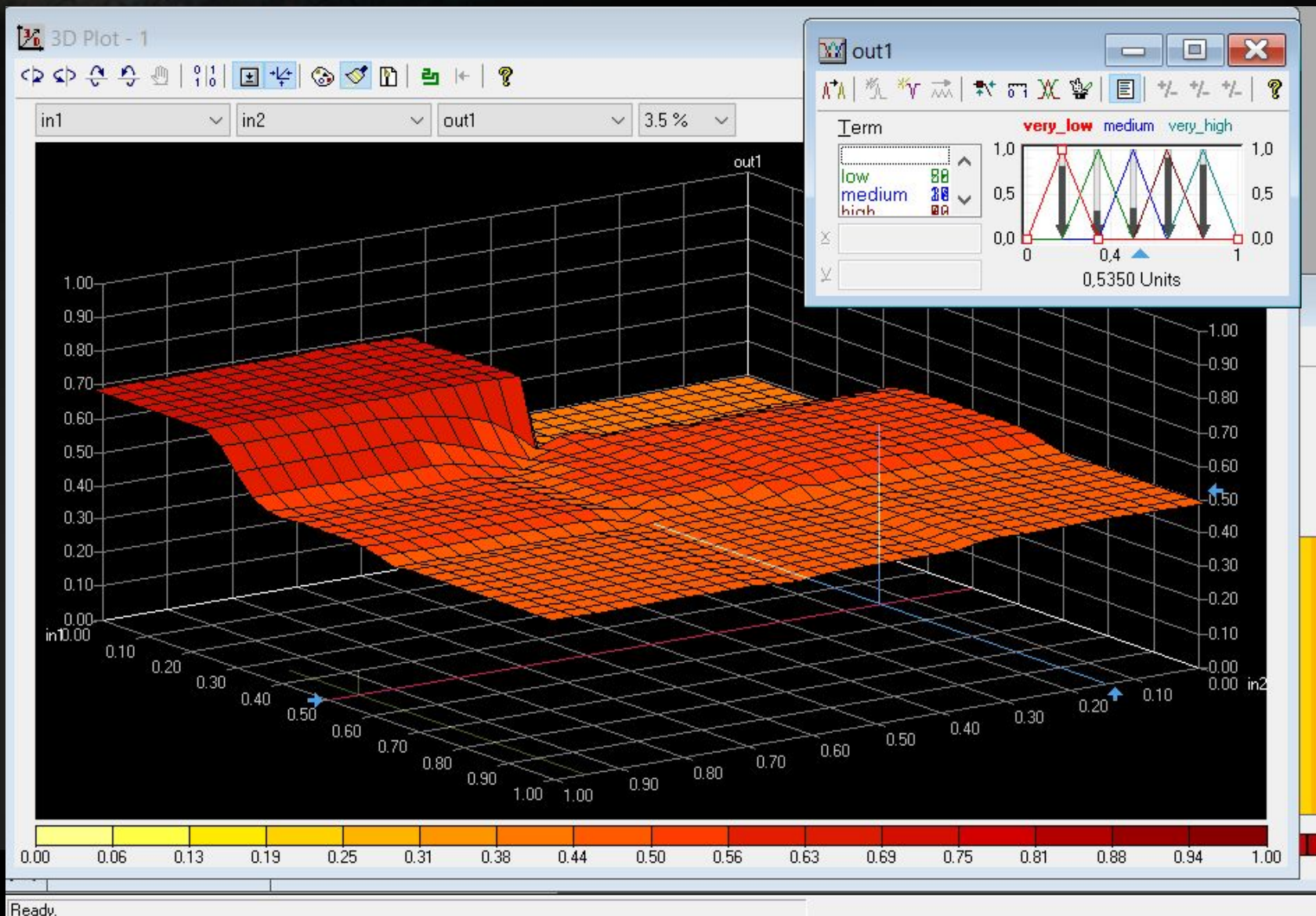
Rule Blocks

RB1

	Name	If	And	Operators	Then	With	Comment	Audit	GUID
⌵	B1 RB1	1	2	Min / Max	1			2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	4D669
▶	B1.G1	in1	in2		out1	DoS [%]		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	4C79E
⌵	B1.G1.R1	in1.low	in2.low	=>	out1.very_low	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	A033E
⌵	B1.G1.R2	in1.low	in2.low	=>	out1.low	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	AF977
⌵	B1.G1.R3	in1.low	in2.low	=>	out1.medium	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	4DDC
⌵	B1.G1.R4	in1.low	in2.low	=>	out1.high	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	48513
⌵	B1.G1.R5	in1.low	in2.low	=>	out1.very_high	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	9F37A
⌵	B1.G1.R6	in1.low	in2.medium	=>	out1.very_low	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	423FC
⌵	B1.G1.R7	in1.low	in2.medium	=>	out1.low	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	456C1
⌵	B1.G1.R8	in1.low	in2.medium	=>	out1.medium	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	48541
⌵	B1.G1.R9	in1.low	in2.medium	=>	out1.high	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	2F500
⌵	B1.G1.R10	in1.low	in2.medium	=>	out1.very_high	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	EEDD
⌵	B1.G1.R11	in1.low	in2.high	=>	out1.very_low	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	14DBI
⌵	B1.G1.R12	in1.low	in2.high	=>	out1.low	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	D356
⌵	B1.G1.R13	in1.low	in2.high	=>	out1.medium	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	E7BD
⌵	B1.G1.R14	in1.low	in2.high	=>	out1.high	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	C93B
⌵	B1.G1.R15	in1.low	in2.high	=>	out1.very_high	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	45DC
⌵	B1.G1.R16	in1.medium	in2.low	=>	out1.very_low	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	F4347
⌵	B1.G1.R17	in1.medium	in2.low	=>	out1.low	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	E303E
⌵	B1.G1.R18	in1.medium	in2.low	=>	out1.medium	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	9EDD
⌵	B1.G1.R19	in1.medium	in2.low	=>	out1.high	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	5604E
⌵	B1.G1.R20	in1.medium	in2.low	=>	out1.very_high	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	F6FA6
⌵	B1.G1.R21	in1.medium	in2.medium	=>	out1.very_low	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	7A133
⌵	B1.G1.R22	in1.medium	in2.medium	=>	out1.low	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	7BB3I
⌵	B1.G1.R23	in1.medium	in2.medium	=>	out1.medium	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	4C677
⌵	B1.G1.R24	in1.medium	in2.medium	=>	out1.high	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	BAC3I
⌵	B1.G1.R25	in1.medium	in2.medium	=>	out1.very_high	0		2019-11-12 11:46:02 Anatoliy 6.03c	1BA5I

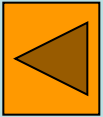
Highlight all: Match case

Результаты моделирования поля нечетких величин



Последовательность решения задачи

- Определить переменные по заданным условиям.
- Определить правила, задать уровень доверия от 30 до 100 наиболее доверительными являются крайние значения.
- Оценить правильность логики на трехмерной диаграмме.
- Получить отчет и перевести его.
- Включить в него скриншоты настроек функций принадлежности, блоки правил и трехмерную графику.
- Изменить форму функций принадлежности, оценить разницу изменений значений выходной переменной.
- Сделать выводы.



Система “Набор баскетболистов”

Рост баскетболиста

Множество определения – $[170, 236]$

Очень высокий



ВЫСОКИЙ



средний



НИЗКИЙ



Система “Набор баскетболистов”

Техника игры баскетболиста

Множество определения – $[0, 100]$

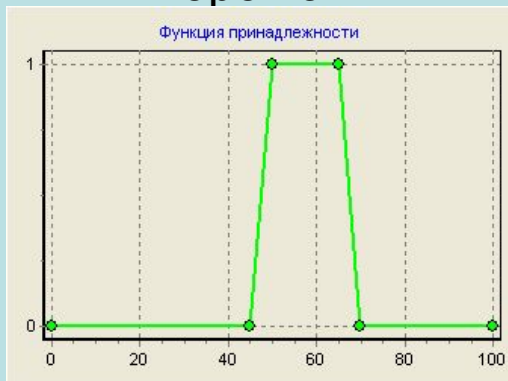
очень хорошая



отличная



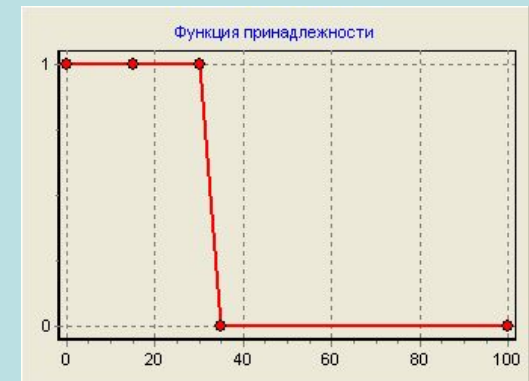
хорошая

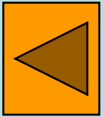


средняя



плохая





Система “Набор баскетболистов”

Уверенность принятия в команду

Множество определения – $[0, 100]$

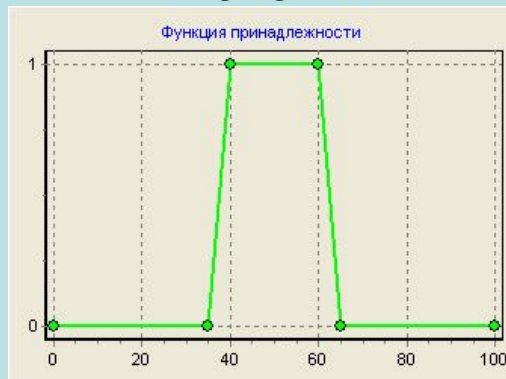
полная



средняя



малая



не берём



Система “Набор баскетболистов”- Правила

Входные лингвистические переменные		Выходная линг. переменная
Техника игры	Рост игрока	Уверенность отбора
Отлично	Очень высокий	Полная
Отлично	Высокий	Полная
Отлично	Не очень высокий	Средняя
Отлично	Низкий	Средняя
Очень хорошо	Очень высокий	Полная
Очень хорошо	Высокий	Полная
Очень хорошо	Не очень высокий	Средняя
Очень хорошо	Низкий	Средняя
Хорошо	Очень высокий	Полная
Хорошо	Высокий	Полная
Хорошо	Не очень высокий	Средняя
Хорошо	Низкий	Малая
Не очень хорошо	Очень высокий	Средняя
Не очень хорошо	Высокий	Средняя
Не очень хорошо	Не очень высокий	Малая
Не очень хорошо	Низкий	Не берём
Плохо	Очень высокий	Малая
Плохо	Высокий	Малая
Плохо	Не очень высокий	Малая
Плохо	Низкий	Не берём

Система “Футбол”

Лингвистические переменные

- **Разница потерь ведущих игроков**

Множество определения – $[-6,6]$

Множество термов - {большая скамейка, высокий, одинаковая скамейка, короткая скамейка}

- **Разница игровых динамик**

Множество определения – $[-15,15]$

Множество термов - {существенный проигрыш, проигрыш, выигрыш, существенный выигрыш}

- **Разница в классе команд**

Множество определения – $[-13,13]$

Множество термов - {лидер, верхняя половина, середина, нижняя половина, аутсайдер}

Система “Футбол”

Лингвистические переменные

- **Фактор поля**

Множество определения – [-2,3]

Множество термов - {абсолютная неудача, неудача, преимущество, абсолютное преимущество }

- **Встречи команд**

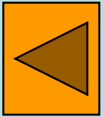
Множество определения – [-20,20]

Множество термов - {позорные встречи, равные встречи, разгромные встречи}

- **Результат матча**

Множество определения – [-3,3]

Множество термов - {крупный проигрыш, проигрыш, ничья, выигрыш, крупный выигрыш}



Система “Футбол”

Разница потерь ведущих игроков

разница между количеством травмированных и дисквалифицированных футболистов в первой команде – хозяине поля и количеством травмированных и дисквалифицированных футболистов в гостевой команде.

Множество определения – $[-6,6]$

большая скамейка



одинаковая скамейка



короткая скамейка





Система “Футбол”

Разница игровых динамик

разница очков, набранных командой хозяином поля и гостевой командой в последних пяти турах

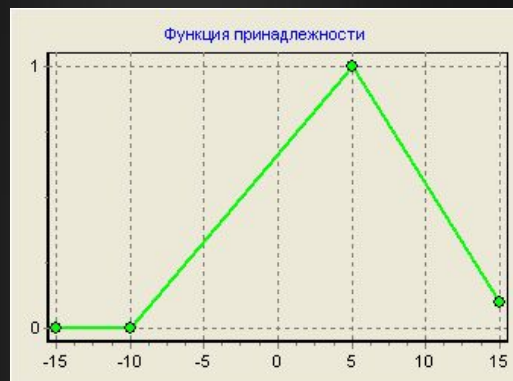
Множество определения – $[-15, 15]$



существенный
проигрыш



проигрыш



выигрыш



существенный
выигрыш



Система “Футбол”

Разница в классе команд

разница мест, которые занимает команда-хозяин и команда-гость в текущем чемпионате

Множество определения – $[-13, 13]$

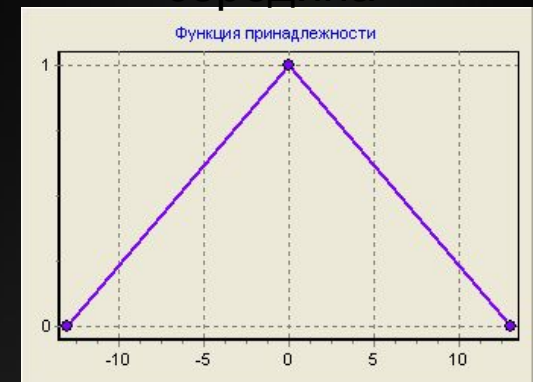
лидер



верхняя половина



середина



нижняя половина



аутсайдер





Система “Футбол”

Фактор поля

рассчитываться как $HP/HG - GP/GG$, где HP – общее количество очков, набранное командой хозяином поля в домашних играх текущего чемпионата; HG - общее количество домашних игр, проведенных командой хозяином поля в текущем чемпионата; GP – общее количество очков, набранное гостевой командой в текущего чемпионата на выезде; GG - общее количество выездных игр, проведенных гостевой командой в текущем чемпионата

Множество определения – $[-2,3]$

абсолютная неудача



неудача



преимущество



абсолютное преимущество



Система “Футбол”



Встречи команд

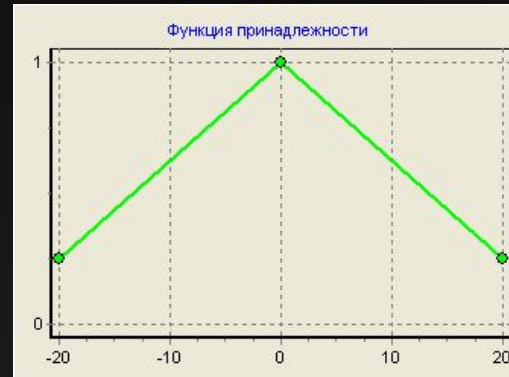
разница забитых и пропущенных мячей двух команд во всех чемпионатах

Множество определения – $[-20, 20]$

позорные встречи



равные встречи



разгромные встречи





Система “Футбол”

Результат матча

разница голов забитых командой хозяином поля и гостевой командой в предстоящей встрече

Множество определения – $[-3,3]$

крупный проигрыш



проигрыш



ничья



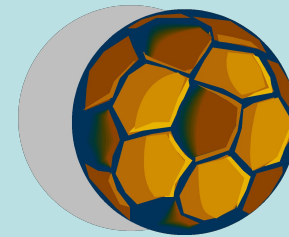
выигрыш



крупный выигрыш

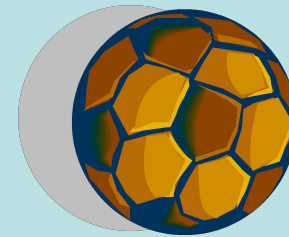


Система “Футбол” - Правила



№	Разница потерь игроков	Разница динамик	Разница в классе	Фактор поля	Встреча команд	Результат матча	Важность правила
1	Большая скамейка	Существенный выигрыш	Лидер	Абсолютное преимущество	Разгромные встречи	Крупный выигрыш	0,5
2	Одинаковая скамейка	Выигрыш	Верхняя половина	Преимущество	Разгромные встречи	Крупный выигрыш	0.94844
3	Одинаковая скамейка	Проигрыш	Лидер	Преимущество	Разгромные встречи	Крупный выигрыш	0,5
4	Большая скамейка	Выигрыш	Верхняя половина	Преимущество	Равные встречи	Крупный выигрыш	0.6289
5	Одинаковая скамейка	Выигрыш	Середина	Неудача	Разгромные встречи	Выигрыш	0,5
6	Короткая скамейка	Проигрыш	Верхняя половина	Преимущество	Равные встречи	Выигрыш	0.75458
7	Одинаковая скамейка	Выигрыш	Середина	Неудача	Разгромные встречи	Выигрыш	0,5
8	Большая скамейка	Существенный выигрыш	Нижняя половина	Преимущество	Равные встречи	Выигрыш	1
9	Одинаковая скамейка	Выигрыш	Середина	Неудача	Равные встречи	Ничья	0.00027162
10	Короткая скамейка	Существенный проигрыш	Середина	Неудача	Равные встречи	Ничья	0.22037

Система “Футбол” - Правила



№	Разница потерь игроков	Разница динамик	Разница в классе	Фактор поля	Встреча команд	Результат матча	Важность правила
11	Одинаковая скамейка	Проигрыш	Нижняя половина	Преимущество	Позорные встречи	Ничья	0.10194
12	Большая скамейка	Существенный проигрыш	Верхняя половина	Неудача	Равные встречи	Ничья	0.083936
13	Большая скамейка	Проигрыш	Середина	Абсолютная неудача	Равные встречи	Проигрыш	0.013733
14	Одинаковая скамейка	Выигрыш	Нижняя половина	Неудача	Позорные встречи	Проигрыш	0.28575
15	Короткая скамейка	Существенный проигрыш	Середина	Преимущество	Позорные встречи	Проигрыш	0.30027
16	Одинаковая скамейка	Проигрыш	Аутсайдер	Неудача	Равные встречи	Проигрыш	1
17	Короткая скамейка	Существенный проигрыш	Аутсайдер	Абсолютная неудача	Позорные встречи	Крупный проигрыш	1
18	Одинаковая скамейка	Существенный проигрыш	Нижняя половина	Неудача	Позорные встречи	Крупный проигрыш	1
19	Короткая скамейка	Проигрыш	Нижняя половина	Абсолютная неудача	Равные встречи	Крупный проигрыш	1
20	Большая скамейка	Существенный проигрыш	Нижняя половина	Неудача	Позорные встречи	Крупный проигрыш	1