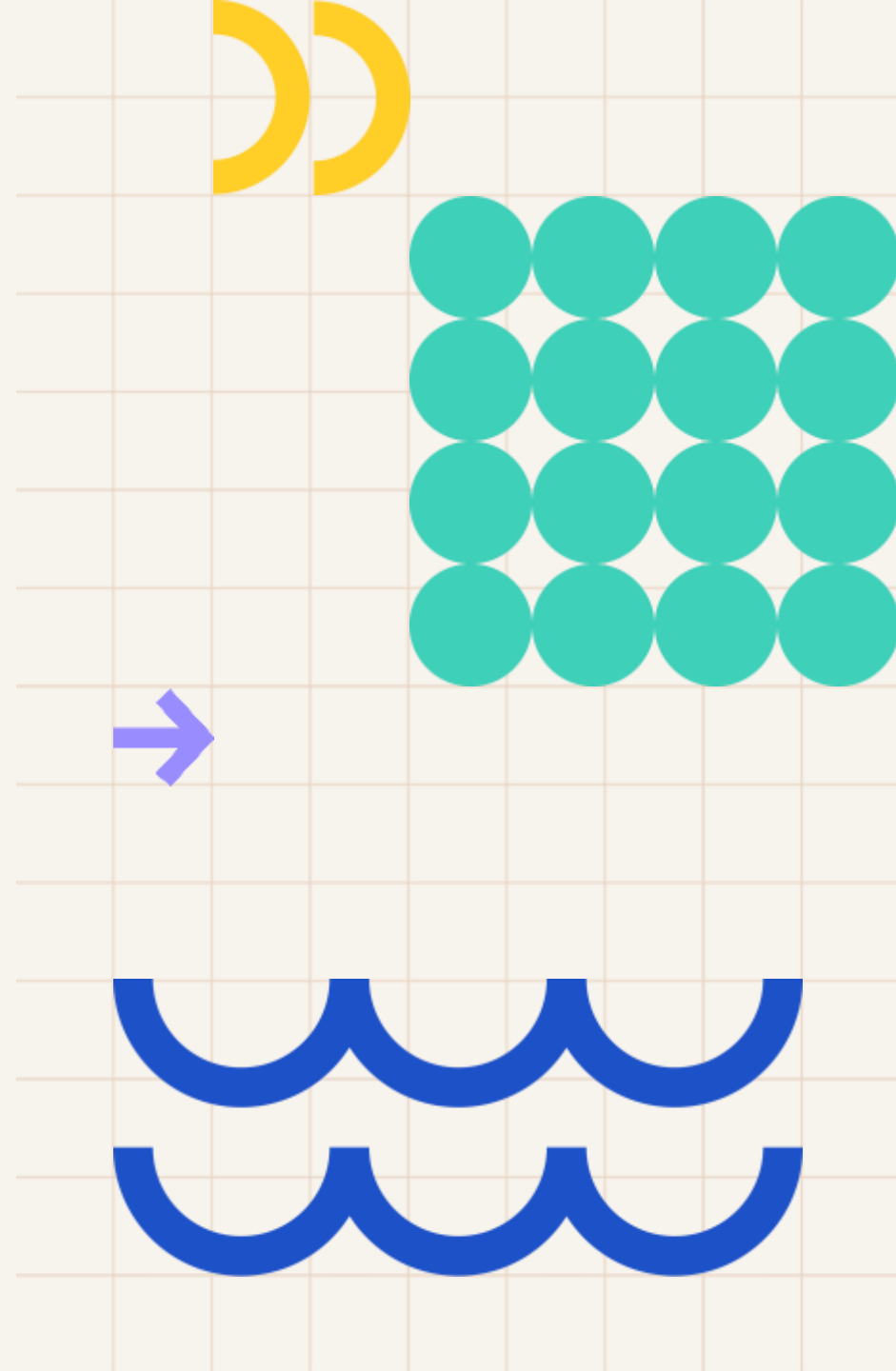




Многоцелевой дизайн нечетких систем

Ковалев Сергей Михайлович

Д.т.н., профессор РГУ ПС, АО НИИАС



Базовая концепция нечеткой логики. Первый главный компонент

Прикладной потенциал концепции Заде заключается не в способности НС к точным вычислениям, а в ее способности к моделированию качественных рассуждений

Определение: Под нечётким множеством A понимается совокупность пар, составленных из элементов некоторого универсума X и соответствующих степеней принадлежности $\mu_A(x)$:

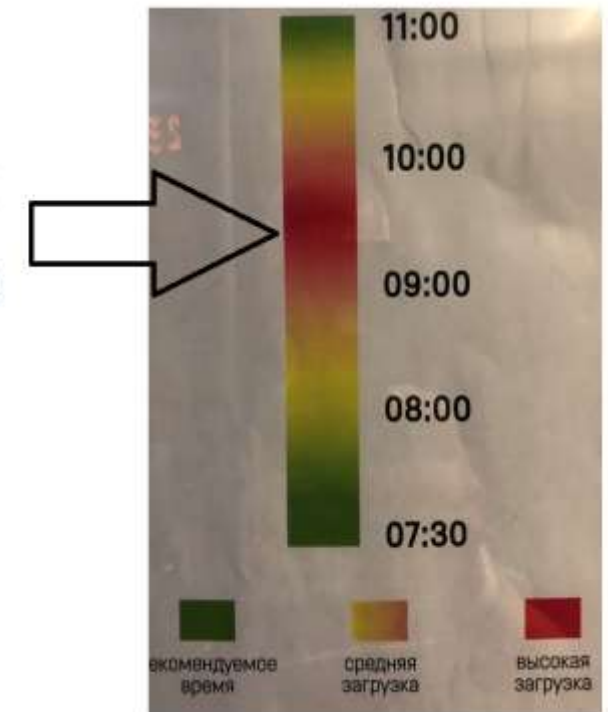
$$A = \{ \langle x, \mu_A(x) \rangle \mid x \in X, \mu_A(x) \in [0; 1] \}$$

где $[0; 1] \ni \mu_A(x)$ – **функция принадлежности**, указывающая для каждого $x \in X$ его степень принадлежности этому нечеткому множеству.

На основе нечеткого множества строятся модели качественных описаний, каковым относятся такие важнейшие категории как **лингвистическая переменная** и ее **лингвистические значения**

Нечеткое множество максимальной загруженности Шведского стола

Пиковая нагрузка



Базовая концепция нечеткой логики. Второй базовый компонент

Нечеткая система (НС) и нечеткое правило, объединение которых образует БЗ НС. IF-THEN – конструкт:

R: IF X_1 is A_1 and ... and X_n is A_n THEN Y is B

X_i, Y – нечеткие множества на шкалах числовых признаков, ассоциированные с лингвистическими переменными;

A_i, B – лингвистические значения соответствующих ЛП

Формальным представлением R является нечетко-логический оператор:

$$R: \mu_{A_1}(x_1) \cdot \mu_{A_2}(x_2) \cdot \dots \cdot \mu_{A_n}(x_n) \Rightarrow \mu_B(y)$$

В случае нечеткого вывод Мамдани:

$$R: \mu_{A_1}(x_1) \cdot \mu_{A_2}(x_2) \cdot \dots \cdot \mu_{A_n}(x_n) \cdot \mu_B(y)$$

Фактически это нечеткая Декартова гранула в R^{n+1}

Нечеткое правило R устанавливает некое частное нечеткое отношение ВХОД-ВЫХОД

Нечеткую отношение ВХОД-ВЫХОД по всей БЗ определяется на основе агрегирования частных нечетких отношений:

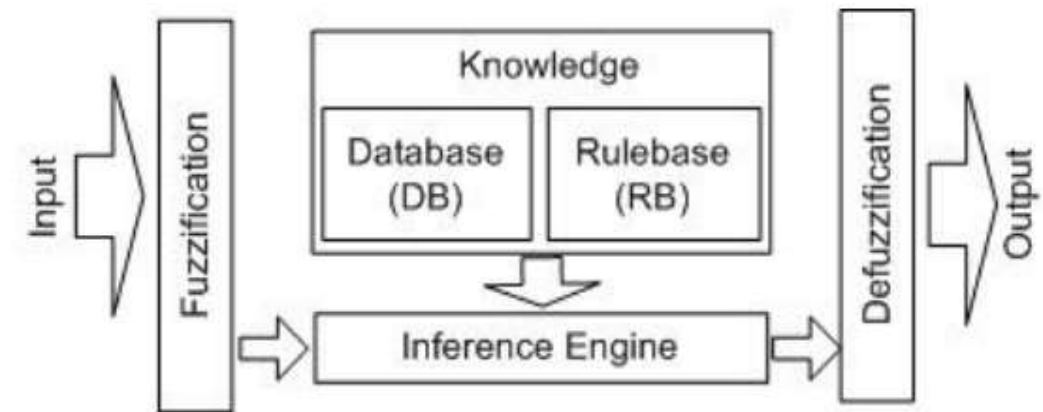


Figure 1: The components of the Mamdani model.

TSK:

$$R: \mu_{A_1}(x_1) \cdot \mu_{A_2}(x_2) \cdot \dots \cdot \mu_{A_n}(x_n) \Rightarrow F(x_1, \dots, x_n)$$

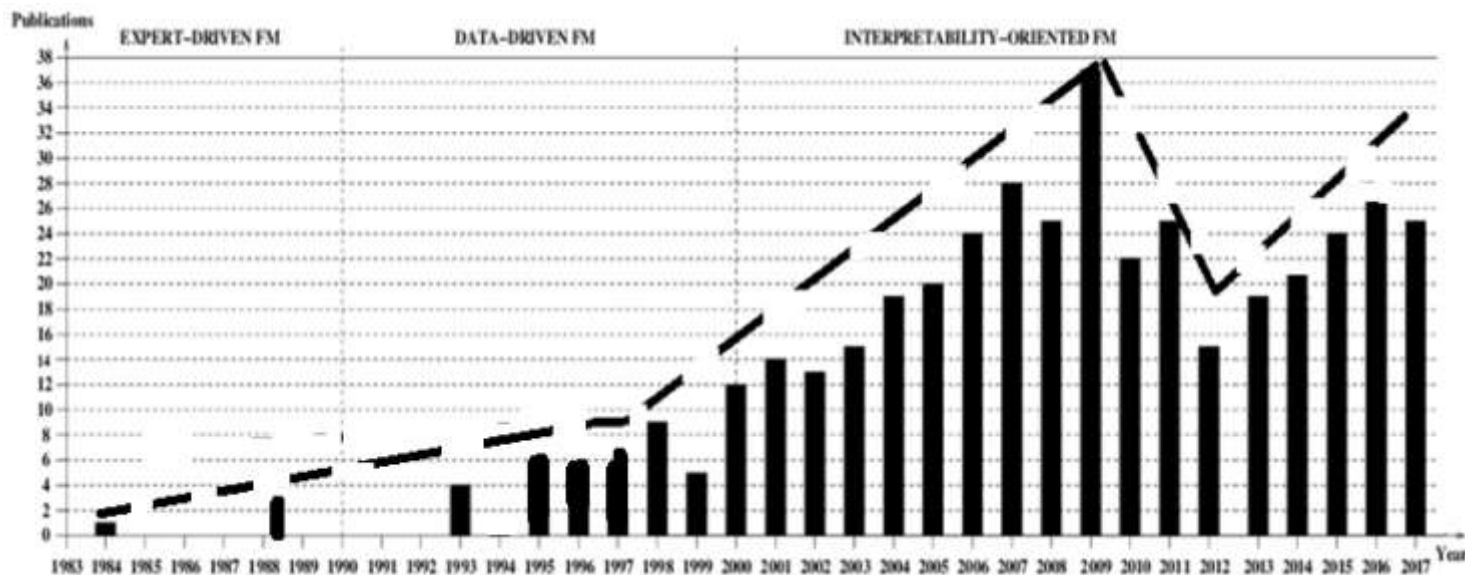
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТЕМАТИКИ

Ebrahim Mamdani 1975 – нечеткая модель управления паровым двигателем. Фактически эта первая работа по тематике дизайна прикладных НС.

Holmblad and Osregaad 1984 – первый промышленный нечеткий контроллер, который был внедрен в управление процессом обжига цемента на заводе в Дании.

Успехи привели к всплеску интереса к теории нечетких множеств среди математиков и инженеров. В результате появляется первая теоретическая работа

Bart Kosko 1993 - доказана теорема о нечеткой аппроксимации (Fuzzy Approximation Theorem), согласно которой любая математическая система может быть аппроксимирована системой, основанной на нечетких "Если - то"-правилах.



ДВЕ СТРАТЕГИИ ДИЗАЙНА НС

Изначально дизайн на основе 2-х критериев: точность; интерпретируемость

Естественным образом возникают две основные стратегии проектирования НС:

- **Linguistic FM**, mainly developed by means of linguistic (or Mamdani) FRBSs, which is focused on the interpretability.
- **Precise FM**, mainly developed by means of Takagi-Sugeno FRBSs, which is focused on the accuracy.

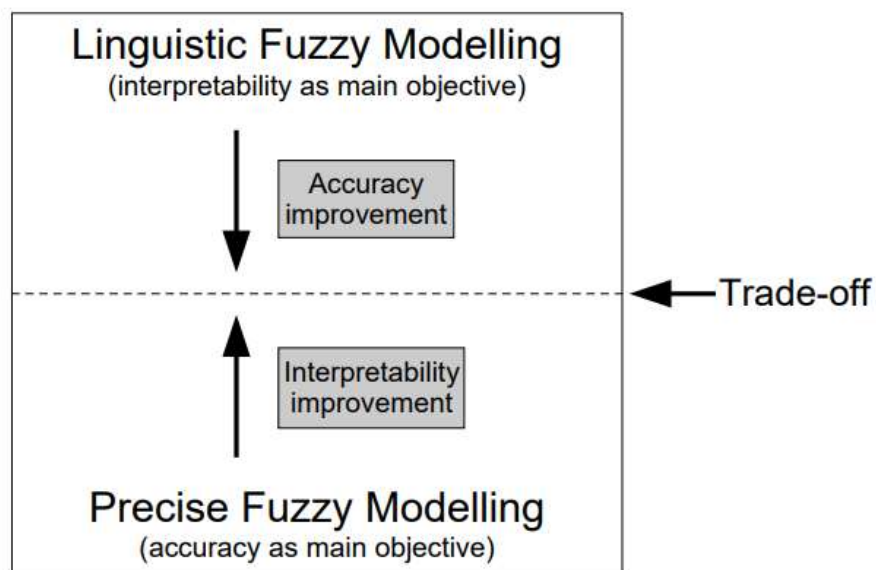


Fig. 1. Improvements of interpretability and accuracy in fuzzy modelling.

Общая схема дизайна:

(1) Выбирается основная цель (интерпретируемость или точность) и под нее – стратегия (LFM, PFM)

(2) Компоненты моделирования (структура, параметры) улучшаются с помощью различных механизмов для компенсации первоначальной разницы между обоими требованиями.

Дизайн сводится к **решению двух задач**: структурный дизайн БЗ; параметрический дизайн
Методы субтрактивной кластеризации и нейросетевые подходы.

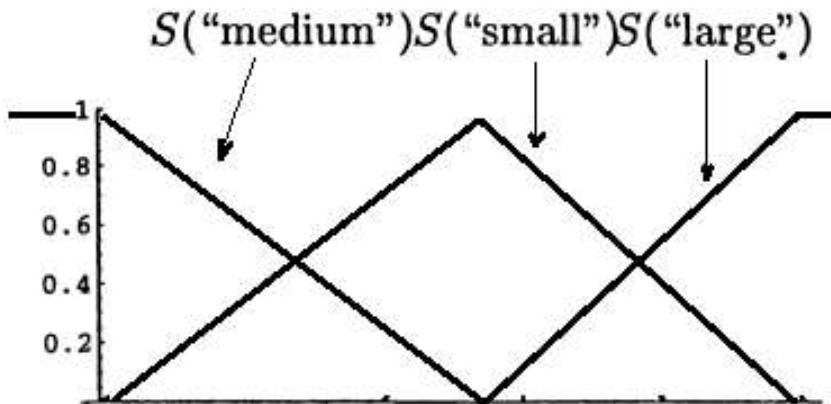
СЕМАНТИЧЕСКАЯ КОРРЕКТНОСТЬ НС

Поиск изолированных механизмов дизайна приводит к новым типам нарушений естественных ограничений, накладываемых на НС – семантической некорректностью.

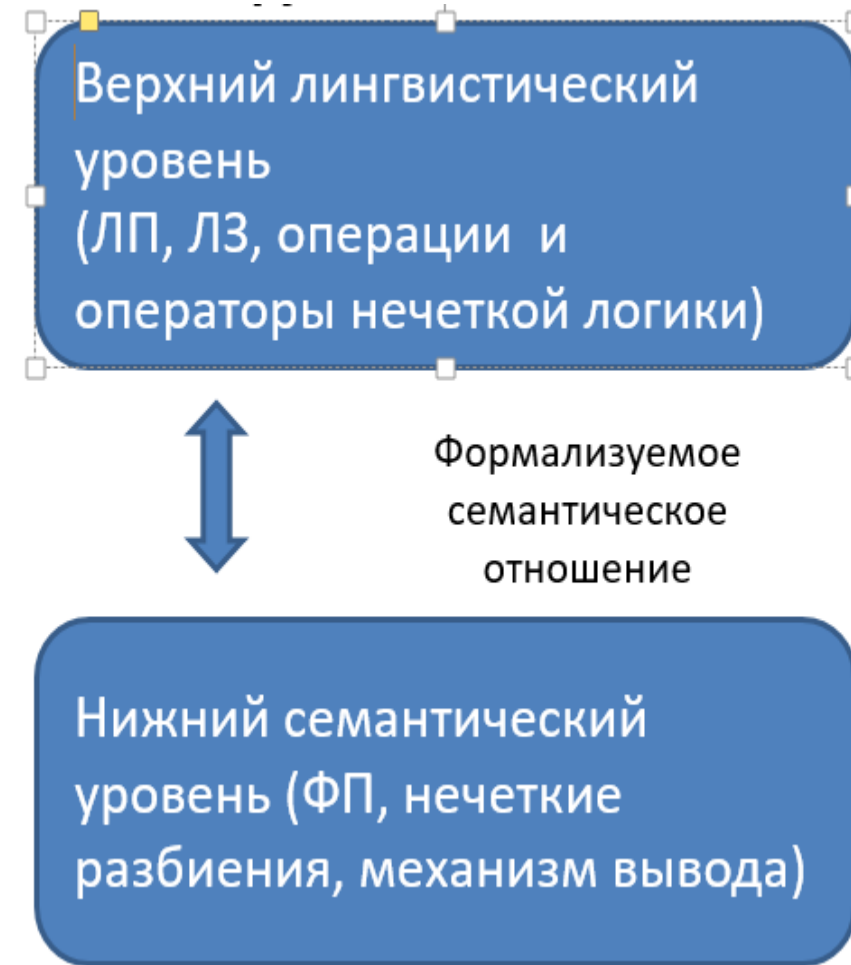


Ряд типовых нарушений очевиден: неполнота, избыточность, не интероперабельность.

Особый тип нарушений – семантическая некорректность.



Свойство НС сохранять неизменным свое поведение при тождественных преобразованиях БЗ на основе законов формальных логик



МНОГОЦЕЛЕВЫЕ ЭВАЛЮЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ДИЗАЙНА НС

MOES - это адаптивные методы многокритериальной оптимизации. В их основе лежат два принципа: эволюционный поиск решений и многоцелевая Парето-оптимизация.

Главное достоинство ЭМА – работать с целым набором потенциальных решений, каждый из которых оптимален в некотором смысле. Достигается возможность изучения мультимодальной среды, что делает их подходящими для решения многоцелевых задач оптимизации.

В рамках MOES потенциальное решение представлено в **пространстве параметров** X^m в виде вектора

$$\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_m) \in X^m.$$

Вводится **пространство целей** Y^n n -количество критериев.

Каждому вектору решения \mathbf{x} в процессе эволюционного поиска сопоставляется целевой вектор

$$\mathbf{y} = (y_1, \dots, y_n) \in Y^n.$$

Оптимизационная задача заключается в минимизации функции $F: X^m \rightarrow Y^n$.

Вектор решения $\mathbf{a} \in X^m$ доминирует вектор решения $\mathbf{b} \in X^m$ тогда, когда:

$$\forall i \in \{1, \dots, n\} \mid F_i(\mathbf{a}) \leq F_i(\mathbf{b})$$

Набор недоминируемых решений в пространстве решений образует **набор Парето**

Изображение его в целевом пространстве называется **фронтом Парето**.

МНОГОЦЕЛЕВЫЕ ЭВАЛЮЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ДИЗАЙНА НС

