



# Нечеткие ситуационные сети

---

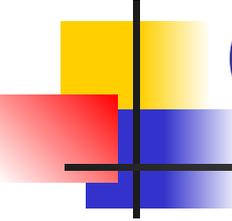
# Объект управления-авто

Скорос  
ть  
движе  
ния



Рассто  
яние  
до  
препят  
ствия

Рассто  
яние  
до  
обочин



# Ситуация

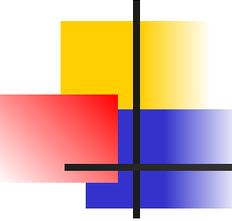
---

Ситуация-набор значений признаков, описывающих состояние объекта управления в некоторый момент времени

Пусть задано 3 признака:

-  Скорость движения 0-120 км/ч,  $\Delta V = 5(\text{км/ч})$
-  Расстояние до обочины 0-10 м,  $\Delta S1 = 1(\text{м})$
-  Расстояние до препятствия 0-500 м,  $\Delta S2 = 50(\text{м})$

Общее число ситуаций –  $24 \cdot 10 \cdot 10$



# Описание типовых ситуаций

---

<Скорость движения, T1,D1>

<Расстояние до обочины, T2,D2>

<Расстояние до препятствия, T3,D3>

T1={большая,средняя,малая}

T2={большое,небольшое,среднее,малое}

T3={большое,среднее,малое}

D1={0,5,...,120} D2={0,1,...,10} D3={0,50,...,500}

Общее число ситуаций –  $3*4*3$

# Учет дополнительных особенностей

Пусть также необходимо учитывать состояние дороги  
Тогда степень частоты, при котором принимается решение  
увеличить скорость:

«очень часто» - 1

«часто» - 0,8

«редко» - 0,3

Значение признака «скорость движения» при котором  
принимается решение увеличить скорость:

{<0,3/малая>, <0,8/средняя>, <1/большая>}

# Формальное определение ситуации

Дадим теперь формальное определение "нечеткой" ситуации. Пусть  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_p\}$  – множество признаков, значениями которых описываются состояния объекта управления. Каждый признак  $y_i$  ( $i \in J = \{1, 2, \dots, p\}$ ) описывается соответствующей лингвистической переменной  $\langle y_i, T_i, D_i \rangle$ , где  $T_i = \{T_1^i, T_2^i, \dots, T_{m_i}^i\}$  – терм-множество лингвистической переменной  $y_i$  (набор лингвистических значений признака,  $m_i$  – число значений признака);  $D$  – базовое множество признака  $y_i$ . Для описания термов  $T_j^i$  ( $j \in L = \{1, 2, \dots, m_i\}$ ), соответствующих значениям признака  $y_i$ , используются нечеткие переменные  $\langle T_j^i, D_i, \tilde{C}_j^i \rangle$ , т.е. значение  $T_j^i$  описывается нечетким множеством  $\tilde{C}_j^i$  в базовом множестве  $D_i$ :

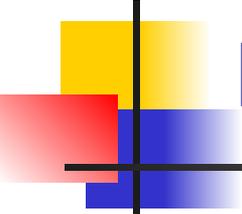
$$\tilde{C}_j^i = \{ \langle \mu_{C_j^i}(d) / d \rangle \}, \quad d \in D_i.$$



# Пример нечеткой ситуации

---

{<<0,1/большая>, <0,8/средняя>, <0,4/малая>}/Скорость движения>, <<0,6/большое>, <0,8/небольшое>, <1/среднее>, <0,6/малое>}/Расстояние до обочины>, <<0,3/большое>, <0,6/среднее>, <0,1/малое>}/Расстояние до препятствия>}



# Подходы к построению нечеткой ситуационной сети

---

Прямой подход – заключается в моделировании переходов системы из одной нечеткой ситуации в другую. Для этого предварительно выявляется множество управляющих решений  $R=(R_1,R_2,\dots,R_f)$ . Эти управляющие решения задаются в виде нечетких отношений определенного типа между термами признаков.

Обратный подход – заключается в том, что на множестве эталонных нечетких ситуаций задается некоторое отношение, граф которого отражает возможные переходы из ситуации в ситуацию. И нечеткая ситуационная сеть формируется посредством задания необходимых для этих переходов управляющих решений и степеней предпочтения.



# Пример построения НСС с помощью прямого подхода

---

Пусть признак некоторого объекта управления имеет терм – множество {«малое», «среднее», «большое»}. Лингвистические переменные имеют терм – множества {«немного», «сильно»}, {«немного», «сильно»}, {«не изменять»} соответственно.

# Матрицы отношений

$$M_{I_1}^j = \begin{array}{c|ccc} & \text{М} & \text{С} & \text{Б} \\ \hline \text{М} & 0,2 & 1 & 0,4 \\ \hline \text{С} & 0 & 0,3 & 1 \\ \hline \text{Б} & 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array}$$

*a*

$$M_{I_2}^j = \begin{array}{c|ccc} & \text{М} & \text{С} & \text{Б} \\ \hline \text{М} & 0 & 0,1 & 1 \\ \hline \text{С} & 0 & 0 & 1 \\ \hline \text{Б} & 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array}$$

*б*

$$M_{D_1}^j = \begin{array}{c|ccc} & \text{М} & \text{С} & \text{Б} \\ \hline \text{М} & 1 & 0 & 0 \\ \hline \text{С} & 1 & 0,3 & 0 \\ \hline \text{Б} & 0,4 & 1 & 0,2 \\ \hline \end{array}$$

*в*

$$M_{D_2}^j = \begin{array}{c|ccc} & \text{М} & \text{С} & \text{Б} \\ \hline \text{М} & 1 & 0 & 0 \\ \hline \text{С} & 1 & 0 & 0 \\ \hline \text{Б} & 1 & 0,3 & 0 \\ \hline \end{array}$$

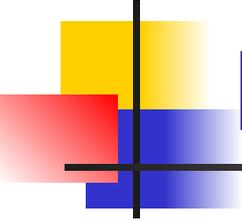
*г*

$$M_Z^j = \begin{array}{c|ccc} & \text{М} & \text{С} & \text{Б} \\ \hline \text{М} & 1 & 0,1 & 0 \\ \hline \text{С} & 0,2 & 1 & 0,2 \\ \hline \text{Б} & 0 & 0,1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

*д*

# Воздействие управляющего решения на признак

Здесь возникает задача определения результата воздействия управляющего решения при нечетком значении признака  $y_j$ , которое задается нечетким множеством на множестве термов  $T^j$  лингвистической переменной  $\langle y_j, T^j, X \rangle$ . Поскольку управляющее решение задается нечетким отношением  $R$  на множестве  $T^j \times T^j$ , то для определения результирующего значения признака необходимо выполнить композицию исходного нечеткого значения признака и нечеткого отношения  $R$ .

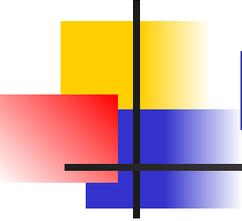


# Воздействие управляющего решения на признак(пример)

---

Пусть признак некоторого объекта управления, из предыдущего примера, имеет следующее нечеткое значение:

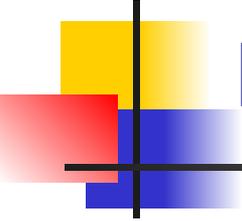
$$\tilde{y}_j = \{ \langle 0.8 / \text{"малое"} \rangle, \langle 0.4 / \text{"среднее"} \rangle, \langle 0.2 / \text{"большое"} \rangle \} .$$



# Воздействие управляющего решения на признак(пример)

---

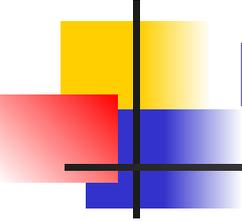
Определим нечеткое значение признака  $y_j$  после применения управляющего решения «Увеличить» со значением «немного». Для этого необходимо вычислить минимаксное произведение вектора  $\tilde{y}_j$  степеней принадлежности нечеткого множества  $\tilde{y}_j$  на матрицу  $M_{I_1}^j$ . В результате имеем вектор  $(0,2;0,8;0,4)$  степеней принадлежности получаемого нечеткого значения признака  $\tilde{y}_j$ .



# Построение НСС с помощью прямого подхода(алгоритм)

---

Построение НСС состоит в моделировании переходов объекта из ситуации в ситуацию. Для этого опросом экспертов выявляется множество управляющих решений  $R = \{R_1, R_2, \dots, R_f\}$ , возможных на данном объекте управления. При этом учитываются взаимозависимости значений признаков. Для каждой ситуации  $\tilde{s}_i \in S_S$  формируется подмножество ситуаций  $\tilde{S}_{is} \in S_S$ , в которые переходит объект управления из ситуации  $\tilde{s}_i$  под воздействием управляющих решений из множества  $R$ . Затем вершина  $\tilde{s}_i$  в ситуационной сети соединяется дугой с каждой вершиной из  $\tilde{S}_{is}$ . Дуги нагружаются соответствующими решениями и степенями предпочтения этих решений в ситуации  $\tilde{s}_i$ . Аналогичная процедура повторяется для всех ситуаций из  $S_S$ .

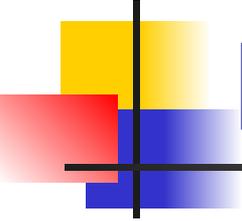


# Построение НСС с помощью прямого подхода(алгоритм)

---

Степени предпочтения управляющих решений из множества  $R$  определяются как конъюнкции степеней предпочтения составляющих их управляющих решений по признакам. При этом учитывается тот факт, что управляющие решения порождаются последовательно, в соответствии с графом порождения, и степени предпочтения управляющих решений по признакам меняются при прохождении через промежуточные ситуации.

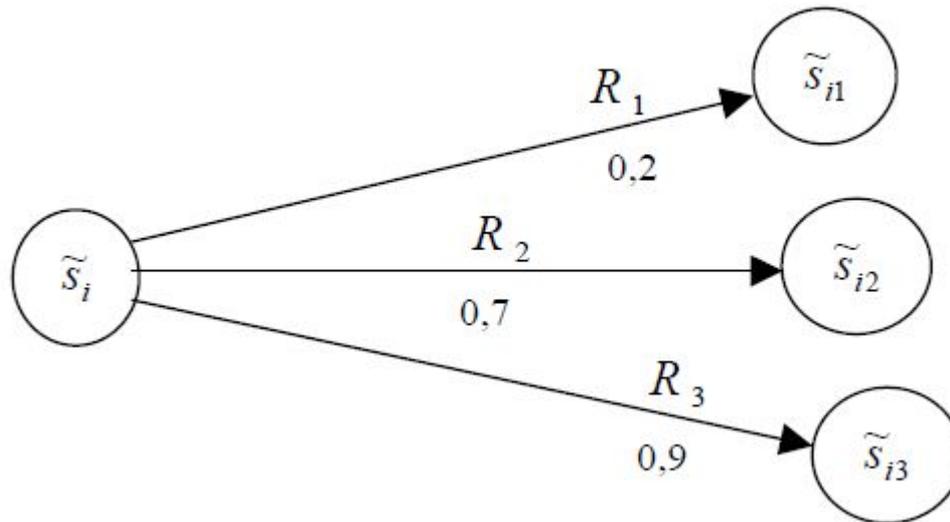
# Взаимосвязь управляющих решений

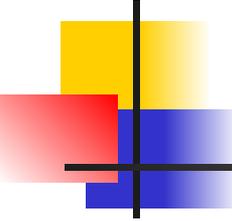


---

Иногда возникает ситуация, что применение одного управляющего решения по отдельному признаку может вызвать изменение значений других признаков, что в конечном итоге соответствует применению управляющих решений по этим признакам.

# Фрагмент нечеткой ситуационной сети





# Модель ситуация-действие

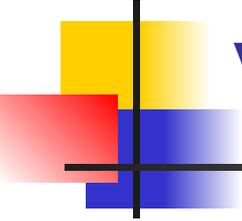
---

Управляющее решение, которое необходимо применять при входной ситуации  $s_0$  определяется ситуацией, в некотором смысле наиболее близкой ситуации  $s_0$ .

Меры близости:

-  Нечеткая общность ситуаций
-  Нечеткое равенство ситуаций
-  Нечеткое включение ситуаций

# Модель ситуация-стратегия управления-действие



Модель отличается от предыдущей отсутствием явного описания продукций, на основе которых осуществляется вывод управляющих решений. Модель содержит набор эталонных нечетких ситуаций, описывающих возможные состояния объекта управления. Управляющие решения, соответствующие текущим нечетким ситуациям, формируются на основе анализа возможных переходов между текущей ситуацией и целевой, т. е. ситуацией, в которую желательно перевести объект управления

# Вывод на основе нечеткой ситуационной сети

Ситуационная сеть может быть представлена в виде ориентированного графа  $G=(W,A)$ , где  $W$  – множество узлов – состояний,  $A$  – множество дуг-переходов между состояниями.

$$G = (W, A),$$

$$W = \{w_i \mid i = 1 \dots Nw\},$$

$$A = \{a_{i,j} \mid i = 1 \dots Nw, j = 1 \dots Nw\},$$

Метод вывода по нечёткой ситуационной сети основывается на трактовке в виде задачи поиска некоторого связного подграфа, содержащего некоторое начальное состояние сети, относительно которого ведётся поиск

# Вывод на основе нечеткой ситуационной сети

$$G' = (W', A'),$$

$$W' \subset W, w' \in W',$$

$$A' = \{a_{i,j} \mid w_i, w_j \in W'\}.$$

Вид подграфа определяется типом конкретной ситуационной сети:

- для сетей, в дугах переходов которых отсутствует случайная составляющая, обычно принимает вид цепи;
- для сетей, учитывающих случайные факторы при переходах, ищется в виде дерева.

# Вывод на основе нечеткой ситуационной сети

