

3.3. Индекс безопасности

Выделение центра технологической безопасности позволяет численно определять смещение рабочей точки ХТП от центра безопасности – наиболее безопасного состояния процесса. Количественная характеристика, характеризующая удаленность текущей рабочей точки процесса s^* от точки, характеризующей центр безопасности s_0 , покажет степень безопасности для данного состояния ХТП. Эту количественную характеристику будем называть *индексом безопасности*.

Методика определения индекса безопасности. Пусть $T = \{T_1, T_2, \dots, T_p\}$ – множество технологических параметров, которыми описывается некоторое состояние ХТП. Набор конкретных значений параметров, описывающих состояние в некоторый момент времени, назовем ситуацией. Множество всевозможных ситуаций, возникающих в результате функционирования ХТП, может использоваться для формирования «решающей таблицы», задающей соответствия между ситуацией и набором управляющих решений. Размер решающей таблицы определяется числом ситуаций, которое, в свою очередь зависит от степени конкретизации значений, набора параметров, характеризующих данный ХТП. Размерность решающей таблицы может быть уменьшена за счет выделения типовых ситуаций, на которых может быть сосредоточено внимание экспертов [76].

Поставим в соответствие каждому параметру ХТП лингвистическую переменную $\langle \beta_i, E_i, D_i \rangle$,

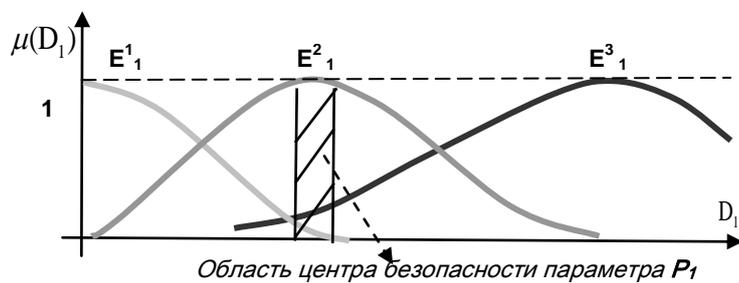


Рис.3.2 Функции принадлежности лингвистической переменной $\langle \beta_i, T_i, D_i \rangle$

где: β_i – название лингвистической переменной; $E_i = \{E_i^1, E_i^2, \dots, E_i^{M_i}\}$ – терм-множество лингвистической переменной β_i ; D_i – базовое множество лингвистической переменной β_i . Каждому элементу терм-множества E_i , ставится в соответствие своя функция принадлежности (рис. 3.2).

Для описания термов E_i^j , соответствующих значениям β_i , используются нечеткие переменные.

Каждый терм описывается нечетким множеством в базовом множестве данной лингвистической переменной. Множество, состоящее из набора лингвистических переменных β_i , нечетко определяет некоторое состояние технологического процесса. Такое множество назовем нечеткой ситуацией.

Если каждый параметр T_i из множества T описывается соответствующей лингвистической переменной $\langle \beta_i, T_i, D_i \rangle$, то нечеткой ситуацией \tilde{S} называется [76,77,78] нечеткое множество второго уровня: $\tilde{S} = \{ \langle \mu_{\tilde{S}}(T_i) / T_i \rangle, T_i \in T_p \}$, где $\mu_{\tilde{S}}(T_i) = \{ \langle \mu_{\mu_{\tilde{S}}(T_i)}(E_i^j) / E_i^j \rangle, j = 1 \dots M_i; i = 1 \dots T_p \}$.

Типовые нечеткие ситуации могут использоваться для идентификации некоторой входной нечеткой ситуации по степени их близости. В качестве меры близости между ситуациями рассматривается два критерия: степень нечеткого включения и степень нечеткого равенства.

Степень включения ситуации \tilde{S}_i в ситуацию \tilde{S}_j обозначается $\nu(\tilde{S}_i, \tilde{S}_j)$ и определяется выражением: $\nu(\tilde{S}_i, \tilde{S}_j) = \& \nu(\mu_{\tilde{S}_i}(T), \mu_{\tilde{S}_j}(T))$.

Где

$$\nu(\mu_{\tilde{S}_i}(T), \mu_{\tilde{S}_j}(T)) = \& (\mu_{\mu_{\tilde{S}_i}(T)}(E_k) \rightarrow \mu_{\mu_{\tilde{S}_j}(T)}(E_k))$$

$$\mu_{\mu_{\tilde{S}_i}(T)}(E_k) \rightarrow \mu_{\mu_{\tilde{S}_j}(T)}(E_k) = \max\{1 - \mu_{\mu_{\tilde{S}_i}(T)}(E_k), \mu_{\mu_{\tilde{S}_j}(T)}(E_k)\}$$

Для ограничения возможных вариантов альтернатив, возникающих при диагностике ХТП, будем считать, что ситуация \tilde{S}_i нечетко включается в \tilde{S}_j , $\tilde{S}_i \subseteq \tilde{S}_j$, если степень включения \tilde{S}_i в \tilde{S}_j не меньше некоторого порога включения $t_{inc} \in [0.6; 1]$, определяемого условиями управления, то есть $\nu(\tilde{S}_i, \tilde{S}_j) \geq t_{inc}$. Другими словами, ситуация \tilde{S}_i нечетко включается в ситуацию \tilde{S}_j , если нечеткие значения признаков ситуации \tilde{S}_i нечетко включаются в нечеткие значения

соответствующих признаков ситуации \tilde{S}_j . Фиксация порога включения в некоторой точке интервала $[0.6;1]$ зависит от особенностей объекта управления, требований к качеству управляющих решений и т.д.

В пределах достоверности, ограничиваемых порогом нечеткого равенства t , все ситуации одного класса эквивалентности \tilde{A}_i можно считать одной ситуацией, которая получается нечетким объединением ситуаций, принадлежащих классу \tilde{A}_i . Полученная ситуация может использоваться при идентификации входной ситуации \tilde{S}^* посредством сравнения ее с ситуациями из S на нечеткое равенство.

Для целей определения индекса безопасности в качестве типовой нечеткой ситуации достаточно иметь одну нечеткую ситуацию, которая характеризует центр технологической безопасности, обозначим эту ситуацию \tilde{S}_0 .

Таким образом, для определения индекса безопасности для текущего состояния процесса необходимо сравнить на нечеткое равенство входную нечеткую ситуацию \tilde{S}^* с нечеткой ситуацией, которая характеризует центр безопасности \tilde{S}_0 . При этом степень нечеткого равенства:

$$In(\tilde{S}^*)_{\tilde{S}_0} = \nu(\tilde{S}^*, \tilde{S}_0) \& \nu(\tilde{S}_0, \tilde{S}^*) \quad (3.3)$$

и покажет величину, определенную как индекс безопасности ХТП.

Расчет индекса безопасности для группы аппаратов. Пусть ХТС состоит из R аппаратов, для каждого из которых рассчитан свой индекс безопасности D_i , который показывает степень удаленности рабочей точки процесса от центра безопасности. Рассмотрим множество $\{D_1, D_2, D_3, \dots, D_R\}$ состоящее из индексов безопасности для каждого из процессов ХТС. Совокупность этих индексов определяет состояние всей системы.

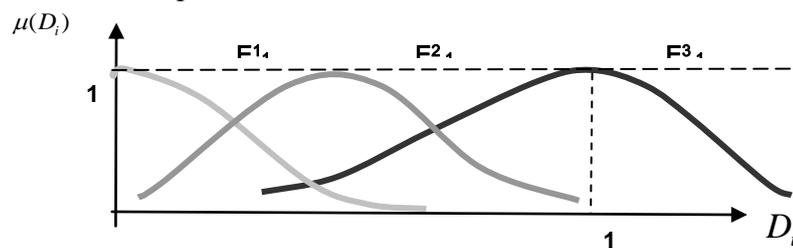


Рис. 3.3 Функции принадлежности для лингвистической переменной «оценка состояния i-го аппарата»

Для расчета индекса безопасности для группы аппаратов применим следующую методику.

Поставим каждому индексу безопасности D_i ($i \in I = \{1, 2, \dots, R\}$) в соответствие лингвистическую переменную $\langle \lambda_i, E_i, X_i \rangle$, где λ_i — название переменной — «оценка состояния i-го аппарата»; $E_i = \{E_i^1, E_i^2, \dots, E_i^{M_i}\}$ — терм-множество

лингвистической переменной λ_i ; X_i — базовое множество лингвистической переменной λ_i .

Таким образом, перейдем от индекса безопасности D_i для i-го аппарата к оценке состояния этого аппарата по его индексу безопасности, для этого необходимо построить терм-множества лингвистической переменной λ_i (рис. 3.3).

Для описания термов T_j^i ($j \in H = \{1, 2, \dots, M_i\}$), соответствующих значениям β_i , используются нечеткие переменные $\langle T_j^i, X_i, Q_j^i \rangle$, то есть T_j^i описывается нечетким множеством \tilde{Q}_j^i в базовом множестве D_i : $\tilde{Q}_j^i = \{ \langle \mu_{\tilde{Q}_j^i}(x) / x \rangle \}$, $x \in X_i$.

где $\mu_{\tilde{Q}_j^i}(d)$ — степень принадлежности элемента d нечеткому множеству \tilde{Q}_j^i .

Далее применяем методику аналогичную рассмотренной выше.

Пусть $D = \{D_1, D_2, \dots, D_R\}$ — множество индексов безопасности, значениями которых описывается состояние всей технологической системы. Каждый индекс безопасности описывается соответствующей лингвистической переменной $\langle \lambda_i, E_i, X_i \rangle$.

Индекс безопасности для группы аппаратов рассчитывается как степень нечеткого равенства некоторой текущей ситуации \tilde{Z}^* — определяющей состояние всей системы с ситуацией, которая определяет центр безопасности для всей системы \tilde{Z}_0 . Степень нечеткого равенства $\mu(\tilde{Z}^*, \tilde{Z}_0) = \nu(\tilde{Z}^*, \tilde{Z}_0) \& \nu(\tilde{Z}_0, \tilde{Z}^*)$ покажет индекс безопасности всей системы.



Рис. 3.4 Обобщенная структура алгоритма определения области центра безопасности.