

5. Бобровников Н.Р., Яркин С.В., Гридин Ю.Н., Стрыгин В.Д., Чертов Е.Д. Математическое обеспечение микропроцессорных преобразователей аналоговых пневматических сигналов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2002. – №2 – С.36–39.
6. Клевцов С.И. Оценка погрешностей пространственных моделей градуировочных характеристик датчиков давления // Труды Международных научно-технических конференций "Интеллектуальные системы" и "Интеллектуальные САПР". Научное издание в 4-х томах. – М.: Физматлит, 2007. – Т.3. – С. 67–74.

А.Б. Клевцова

МОДЕЛЬ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЭКСПЕРТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

В условиях многокритериальности оценка состояния технического объекта определяется парой $\{W, K\}$, где W – интегральная функция состояния, с помощью которой можно определить состояние объекта, а K – критерии, обеспечивающие такую оценку.

При формировании интегральной функции W будем рассматривать ситуацию, когда интегральная функция W имеет вид $W=W(X, Y)$, где X и Y – массивы входных и выходных параметров, характеризующие текущее и желаемое состояния объекта.

Воспользовавшись известными методами обобщения критериев из исследования операции, можно предложить следующие схемы формирования интегральной целевой функции W на основе характеристик текущего O_i^l и желаемого O_k^g состояния объекта, которые наиболее близки к реальной ситуации [1,2,3,4].

Суммирование. Результатом объединения является интегральная функция

$$W = \sum_{i,j=1}^{I,J} (\lambda_i x_i + \chi_j y_j) .$$

Положительность λ_i, χ_j не предполагается, хотя чаще всего λ_i, χ_j отрицательны.

Логическое объединение параметров. Пусть параметры h_i (т.е. параметры x_i или y_j) учитываются в W так, что результат их влияния определяется только участием или неучастием параметра на данном этапе оценки.

Тогда можно использовать элементарные логические операции над функциями:

а) результат неучастия h_i :

$$W = 1 - \delta_{hi} ,$$

где δ_{hi} – принимает значение 1 для любого h_i ;

б) суммарный результат состоит в реализации всех частных результатов (конъюнкция):

$$W = \prod_{i=1}^I \delta_{hi} ;$$

в) суммарный результат состоит в реализации хотя бы одного частотного результата (дизъюнкция):

$$W = 1 - \prod_{i=1}^I (1 - \delta_{hi}) .$$

Эти действия, обычные для математической логики, и составляют, как известно, полную систему булевых операций.

Это означает, что любая связь в $W = W(\delta_{h1}, \delta_{h2}, \dots, \delta_{hI})$, где W и δ_{hi} принимают только значения 0; 1, может быть записана в виде конечного числа последовательных повторений действий а), б) и в). Этим самым полностью описаны все возможные связи между функцией W и параметрами X и Y , если как W , так и параметры X и Y имеют качественный характер.

Построив, таким образом, интегральную функцию взаимодействия W на основе параметров X и Y , мы формируем одновременно и комплексный критерий K .

Критерий K представляет собой, в общем случае, множество частных критериев $K = \{k_l\}$, где $l=1, L$; L – количество критериев.

Упорядочив все критерии k_l по важности, в результате получим систему критериев с показателями влияния на функцию W .

Пусть эта система может быть представлена в виде иерархической структуры, двухуровневой, в простейшем случае, и многоуровневой, если характер задачи этого требует.

Оценка состояния технического объекта на каждом шаге моделирования определяется оценкой состояния S_w целевой функции W .

При оценке состояния функции W возможны два варианта:

а) когда система критериев представлена в виде двухуровневой структуры;

б) когда система критериев представлена в виде многоуровневой иерархической структуры.

Рассмотрим вариант а).

Для реализации оценки положим, что состояние каждого из критериев $k_l \in K$, $l=1, L$ определяется параметром C_l , принимающим значения на шкале наименований, например, $C_l^1 =$ ”хорошо”, $C_l^2 =$ ”удовлетворительно”, $C_l^3 =$ ”неудовлетворительно”.

Каждому C_l^m , $m = 1, 2, 3$ на шкале интервалов или отношений соответствует свой интервал значений ΔC_l^m .

Для критериев k_l , не определенных на шкале интервалов, но определенных на шкале порядка, могут быть установлены отношения порядка r_n^2 соответственно, также каждому $C_l^m \Rightarrow \Delta C_l^m$, только интервал ΔC_l^m включает в себя отрезок числовой оси N , эквивалентный группе значений критериев K_l , соответствующих C_l^m .

Что касается важности критериев, то возможны два варианта:

- критерии имеют разные показатели важности;
- критерии эквиваленты по важности.

Кроме того, критерии имеют свойство критичности:

– критерий критичен, т.е. невыполнение критерия приводит к невыполнению состояния C_w функции W , т.е. $\bar{C}_w = \inf \{C_l^m\}, l = 1, L;$

- критерий не критичен.

Все оценки, о которых было сказано выше, являются экспертными, причем в качестве эксперта может выступать как оператор технического объекта, так и группа специалистов. В связи с этим и модель оценки, по сути, является экспертно-ориентированной, а по характеру конечного результата – качественной.

Считая показатель качества C_l критерия k_l аналогичным значимости, и учитывая свойство критичности критерия, можно построить модель оценки состояния целевой функции W . При этом будем рассматривать версию, когда критерии имеют различные показатели важности.

Схема предлагаемой процедуры оценки

– до начала оценки на этапе формирования модели оценки, критерии K_l располагаются в порядке возрастания их важности. Каждому критерию присваивается ранг, чем важнее результат, тем выше ранг или значимость. Шаг изменения значимости – любое выбранное число, например I ;

– на j -м шаге моделирования определяют оценки состояния C_l критериев k_l . Также, допустим, известны оценки состояния во всех точках, включая текущую точку;

– на шкале отношений в виде числовой оси формируются числовые интервалы для реализации отношения $C_l \Delta C_i$;

– в целом они должны составлять единый числовой интервал и не пересекаться. Количество интервалов соответствует количеству m значений C_l , т.е. если $C_l = C_l^1, C_l^2, C_l^3$ содержит три элемента, то должно быть три числовых интервала;

– каждому C_{lm} , $m = 1, 2, 3$ ставится в соответствие одно число из соответствующего числового интервала, назовем его числовым эквивалентом качественной оценки;

– оценка критерия k_l получает свой численный эквивалент в зависимости от принадлежности тому или иному C_{lm} ;

– на основе знания интервалов численной оценки частных критериев k_l строятся интервалы численной оценки для критерия $K = \{K_j\}$;

– на основе имеющегося распределения значимостей всех k_l , принадлежащих K , формируется распределение для j -го шага моделирования;

– формируется численная оценка состояния K на момент j -го шага моделирования;

– попадание значения оценки в тот или иной интервал оценки состояния K определяет качественную оценку состояния интегральной функции W на j -го шага моделирования.

Пусть имеется l критериев k_l и l оценок состояния критериев на j -м шаге моделирования C_{lj} .

$$C_{lj} \in \{C^1 \cup C^2 \cup C^3\},$$

где C^1 – множество хороших оценок;

C^2 – множество удовлетворительных оценок;

C^3 – множество неудовлетворительных оценок.

Так как $C^1 \cap C^2 = 0$, $C^2 \cap C^3 = 0$, $C^1 \cap C^3 = 0$, то можно записать для выделенного l -го критерия, что

$$C_{lj} \in C^1 \text{ или } C_{lj} \in C^2 \text{ или } C_{lj} \in C^3.$$

Каждой оценке C^1 , C^2 или C^3 можно поставить в соответствие ее количественные эквиваленты на шкале отношений, т.е. поставить численную оценку

$$C_{lj} \in C^1 \rightarrow C'_{lj} \in \Delta C^1_{lj} \equiv [a_{x1}, a_{x2}],$$

$$C_{lj} \in C^2 \rightarrow C'_{lj} \in \Delta C^2_{lj} \equiv [a_{y1}, a_{y2}],$$

$$C_{lj} \in C^3 \rightarrow C'_{lj} \in \Delta C^3_{lj} \equiv [a_{n1}, a_{n2}],$$

где C'_{lj} – численная оценка l -го критерия на j -м шаге моделирования;

$[a_{x1}, a_{x2}]$, $[a_{y1}, a_{y2}]$, $[a_{n1}, a_{n2}]$ – границы интервалов численных эквивалентов оценок состояния критериев $\{k_l\}$.

Как следует из представленной схемы, качественная оценка состояния функции W зависит от значений числовых эквивалентов качественных оценок состояния критериев k_l .

Изложенная методика оценки разработана для случая двухуровневой иерархической системы параметров объектов, считая, что на верхнем уровне находится функция W , а нижний уровень представляет собой множество критериев $\{k_l\}$. При этом все критерии отличаются друг от друга по важности.

Если в рамках задачи можно предположить, что критерии эквивалентны между собой по возможности, то процедура оценки упрощается.

Таким образом, разработана модель и представлена последовательность процедур по оценке состояния целевой функции W , характеризующей состояние технического объекта. Указанные оценки необходимы оператору для принятия решений о вмешательстве в процесс функционирования и выработки управляющих решений, достаточных для предотвращения нештатных ситуаций на объекте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зайченко Ю.П. Исследование операций. – Минск: Виша школа, 1975. – 320с.
2. Акоф Р., Сисиени М. Основы исследования операций. – М.: Мир, 1971.
3. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: Предпочтения и замещения. – М.: Радио и связь, 1981. – 56с.
4. Руа Б. Классификация и выбор при наличии нескольких критериев // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – М.: Мир, 1976. – С.80–107.