

4. *Слива Е.* Коррекция по температуре измерительных преобразователей физических величин на базе микроконтроллера MSP430F149 фирмы Texas Instruments. // Средства связи №2(15) – ИНФОРМОСТ. –2001 ([www.informost.ru](http://www.informost.ru))
5. *Клевцов С.И., Линьков В.С., Веретельников Ю.А., Кузьминов В.Г.* Погрешности вычисления давления в интеллектуальном датчике при матрично-полиномиальной аппроксимации его градуировочной характеристики // Известия ТРТУ. 2004. №2. – С.30-48.
6. *Клевцов С.И.* Матрично-полиномиальная аппроксимация градуировочной характеристики датчика давления // Материалы международной научной конференции "Системный подход в науках о природе, человеке и технике". Ч.5. – Таганрог: ТРТУ, 2003. – С.16-25
7. *Клевцов С.И.* Пространственно-полиномиальные модели аппроксимации градуировочной характеристики интеллектуального датчика // Труды международных научно-технических конференций "Интеллектуальные системы" (IEEE AIS'04) и "Интеллектуальные САПР" (САД-2004). Научные издания в 3-х томах. М.: Изд-во физико-математической литературы, 2004. Т.2. 468с. – С.309-314.
8. *Клевцов С.И., Удод Е.В.* Пространственная плоскостная модель градуировочной характеристики интеллектуального датчика давления // Известия ТРТУ. 2005. №1. – С.99-107.
9. *Клевцов С.И., Клевцова А.Б.* Мульти сегментная пространственная модель градуировочной характеристики интеллектуального датчика // Материалы международной научной конференции "Цифровые методы и технологии". Ч.4. – Таганрог: Изд-во "Антон", ТРТУ, 2005. – С.21-26.
10. *Клевцов С.И., Удод Е.В.* Компьютерное моделирование решения задач компенсации составляющих систематической погрешности датчика давления в целочисленной арифметике // Известия ТРТУ. 2006. №5. – С.103-109.

**А.Б.Клевцова**

#### **КАЧЕСТВЕННАЯ ЭКСПЕРТНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОСТАВЛЕННОЙ ЦЕЛИ**

Степень соответствия процесса моделирования поставленной цели характеризуется состоянием функционала  $W=W(h_1, h_2, \dots, h_i) \quad i \in I$ . Состояние  $W$  оценивается с помощью комплексного критерия  $K$ . Реализуемость цели на каждом этапе моделирования определяется через соответствие интегральной функции комплексному критерию  $K$ .

Интегральную функцию взаимодействия  $W=W(h_1, h_2, \dots, h_i)$  можно представить как соотношение, зависящее от функций влияния объектов  $h_i \in H\{h_i\}, \quad i \in I$ . Форма функции  $W$  определяет свойства критерия  $K$  и зависит от вида и характера решаемой задачи.

Выделим два вида целей и определим соответствующие им интегральные функции взаимодействия  $W$  и критерии  $K$ .

К первому виду целей отнесем цели, достижение которых определяется качественным способом, без определения степени реализации. В этом случае все результаты, приводящие к достижению цели или препятствующие этому, считаются одинаково весомыми.

При этом критерий должен принимать только два значения: 1 (в случае успеха) и 0 (в противоположном случае).

В случае качественной цели ее определение может предшествовать формированию критерия.

Кажущаяся простота критерия обманчива, поскольку функциональная зависимость значения критерия от управляющего воздействия и неконтролируемых факторов может быть весьма сложной.

Количественное определение цели заключается в стремлении увеличить, уменьшить или удержать в установленных пределах значение некоторой величины, зависимость которой от фазовых координат и составляет критерий эффективности действий по реализации цели.

Часто первоначально цель операции формулируется качественно. Однако наличие, например, случайных факторов делает случайным и исход операции; поэтому совершается переход к другой «более достижимой» цели операции, которая уже обычно оказывается целью второго типа, образованной на базе первоначальной.

Воспользовавшись известными методами обобщения критериев из теории исследования операции [1-3], можно предложить следующие схемы формирования интегральной функции взаимодействия  $W$  на основе частных функций влияния  $i$ -х объектов  $\{h_i\}$ ,  $i \in I$ .

При формировании единой интегральной функции  $W$  можно представить себе две различные ситуации.

1. Интегральная функция  $W$  имеет вид  $W=W(h_1, h_2, \dots, h_i)$ , где  $h_i$  – значение функции влияния для  $i$ -го объекта, т. е. функция  $W$  есть функция только функций влияния отдельных объектов.

2. Интегральная функция  $W$  не может быть представлена только как зависимость, включающая в себя только функции влияния отдельных объектов.

Во втором случае интегральная функция  $W$  не имеет ничего общего по своей цели с функциями  $h_i$  и, значит, является функцией, базирующейся только на активных средствах «прежних» частных функций  $h_i$ .

Рассмотрим ряд возможных способов объединения (свертывания) функций  $W=W(h_i)$ , которые наиболее близки к реальной ситуации.

1. Суммирование, когда результатом объединения является интегральная функция

$$W = \int h(n)\lambda(n)dn,$$

где  $\lambda(n)$  - весовая функция.

2. Способ перехода к цели первого типа путем разбиения векторов  $\{h_i\}$  на удовлетворительные и неудовлетворительные.

Удовлетворительными объявляются только векторы  $\{h_i\}$ , для которых

$$h_i \geq h_i^0, \quad 1 \leq i \leq I.$$

Обычно затруднительно дать убедительные доводы в пользу того или иного выбора вектора  $[h_i^0]$ . Поэтому при применении такого способа объединения особенно подчеркивается необходимость использования принципа свободы выбора функции  $h_i$  оперирующей стороной.

3. Способ последовательной реализации функции влияния. Здесь учет влияния последующей функции  $h_i$  начинается только тогда, когда достигнуты уже абсолютные максимумы влияния предыдущих частных функций влияния  $h_k$ . Если  $h_i \geq 0$ , то результат суммарного влияния при этом естественно принять равным сумме достигнутых влияний. Формально этот способ объединения (при  $h_i \geq 0$ ) можно записать в виде

$$W = \sum_{K=1}^I \sup h_K,$$

где  $\sup h_K$  означает верхнюю границу возможных значений функций влияния  $h_K$ .

4. Логическое объединение целей. Пусть частные функции  $h_i$  влияют на  $W$  так, что результат их влияния определяется только действием или бездействием функции.

Тогда можно использовать элементарные логические операции над функциями:

а) результат бездействия функции  $h_i$

$$W = 1 - h_i;$$

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

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

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

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

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

Это означает, что любая связь  $W = W(h_1, \dots, h_I)$ , где  $W$  и  $h_i$  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 интегральной функцией  $W$  и частными функциями  $h_i$ , если как частные, так и суммарные функции имеют качественный характер

5. Обобщенное логическое свертывание функции. Прямым обобщением действий предыдущего пункта являются:

$$W = \min_{1 \leq i \leq I} h_i \lambda_i, \quad \lambda_i \geq 0,$$

$$W = \max_{1 \leq i \leq I} h_i \lambda_i, \quad \lambda_i \geq 0,$$

где  $\lambda_i$  – вес функции  $h_i$ .

Эти способы объединения применимы для любых типов функций  $h_i$ .

6. Случайное и неопределенное свертывание. Интегральной функцией является та или иная частная функция влияния  $h_i$  в зависимости от того, какое значение примет неконтролируемый фактор ( $i$ ), т. е.

$$W = W(i) = h_i.$$

В общем случае частные функции могут определяться непрерывной случайной или неопределенной величиной, и мы получим

$$W = W(\alpha) = W_\alpha.$$

Этот случай является одним из путей проникновения случайных и неопределенных факторов в структуру функции  $W$ .

Следует подчеркнуть, что при таком способе объединения функции  $h_i$  становятся как бы равновесными. Поэтому можно одновременно вводить неопределенные коэффициенты веса частных функций  $h_i$ .

Построив, таким образом, интегральную функцию взаимодействия  $W$  на основе функций влияния объектов  $H = \{h_i\}$ , мы формируем одновременно и комплексный критерий  $K$ .

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

Оценив важность каждого из критериев  $k_l$ , можно все критерии упорядочить по важности, получив в результате систему критериев с показателями влияния на функцию  $W$ .

Эта система, как и в случае с состоянием объекта может быть представлена в виде иерархической структуры, двухуровневой, в простейшем случае, и многоуровневой, если характер задачи этого требует.

Схема качественной экспертно-ориентированной оценки может выглядеть следующим образом:

1. До начала оценки на этапе формирования модели оценки, критерии  $K_l$  располагают в порядке возрастания их важности. Каждому критерию присваивается ранг: чем важнее результат, тем выше ранг или значимость. Шаг изменения значимости – любое выбранное число.

2. На  $j$ -м шаге моделирования определяют оценки состояния  $C_l$  критериев  $k_l$ . Также, допустим, известны оценки состояния во всех точках до текущей.

3. На шкале отношений в виде числовой оси формируются числовые интервалы для реализации отношения  $C_l \leftrightarrow \Delta C_l$ , т.е. состоянию  $C_l$  ставится в соответствие числовой интервал  $\Delta C_l$ .

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.

4. Каждому  $C_l^m$ ,  $m = 1, 2, 3$  ставится в соответствие одно число из соответствующего числового интервала, назовем его числовым эквивалентом качественной оценки.

5. Оценка критерия  $k_l$  получает свой численный эквивалент в зависимости от принадлежности тому или иному  $C_l^m$ .

6. На основе знания интервалов численной оценки частных критериев  $k_l$  строятся интервалы численной оценки для критерия  $K = \{K_l\}$ .

7. На основе имеющегося распределения значимостей всех  $k_l$ , принадлежащих  $K$ , формируется распределение для  $j$ -го шага моделирования.

8. Формируется численная оценка состояния  $K$  на момент  $j$ -го шага моделирования.

9. Попадание значения оценки в тот или иной интервал оценки состояния  $K$  определяет качественную оценку состояния интегральной функции  $W$  для  $j$ -го шага моделирования.

Изложенная методика оценки разработана для случая двухуровневой иерархической системы 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 важности, то процедура оценки упрощается.

Таким образом, разработана модель и представлена последовательность процедур по оценке показателей состояния интегральной функции взаимодействия  $W$  и активных динамических объектов, знание которых необходимо для принятия решений о вмешательстве в процесс моделирования и выработки управляющих решений, достаточных для реализации цели.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гермейер Д.Б. Введение в теорию исследования операций. – М.: Наука, 1971. – 383с.
2. Миркин Б.Г. Проблемы группового выбора. – М.: Наука, 1994.
3. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: Предпочтения и замещения. – М.: Радио и связь, 1981. – 56с.

**В.А. Мыльцев**

#### **ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Подготовка газа в промышленных условиях заключается в удалении влаги конденсата. Рассмотрим технологию абсорбционной осушки природного газа с применением в качестве абсорбента диэтиленгликоля для подготовки к транспортировке [1]. Газ, поступающий из скважин, проходит предварительную очистку в центробежных аппаратах. После дожимной компрессорной станции (ДКС) и прохождения аппаратов воздушного охлаждения газа осуществляется абсорбционный процесс осушки. После прохождения ДКС второй степени сжатия газ идет на транспортировку. Показателем содержания влаги в газе является температура точки росы (ТТР) [2]. Точкой росы называют ту температуру, охлаждаясь до которой при постоянном влагосодержании газ достигнет полного насыщения водяными парами, и происходит конденсация водяных паров, содержащихся в газе. В соответствии с ОСТ 51.40-93 значение ТТР для умеренных климатических районов составляет: летом  $-3^{\circ}\text{C}$ , зимой  $-5^{\circ}\text{C}$ . Для холодных районов эти значения  $-10^{\circ}\text{C}$  и  $-20^{\circ}\text{C}$ , соответственно.

Система подготовки природного газа может состоять из элементов нескольких типов. Прежде всего, это аппараты и технологическое оборудование. Система также содержит в себе обслуживающий персонал, добывающие скважины, внешние условия, в том числе и метеорологические. Целью системы является обеспечение заданных свойств природного газа при минимальных стоимостных затратах. Элементы системы связаны между собой отношениями, характеризующимися некоторыми переменными и параметрами.

Рассмотрим структурную схему технологического процесса подготовки природного газа (рис.1).

Конструктивными элементами данной системы являются: ЦОГ – центробежная очистка газа; ДКС+АВО – дожимная компрессорная станция + аппараты воздушного охлаждения; А – абсорбер; ДА – десорбер; МО – модернизированное оборудование.

Система имеет свойства, описываемые следующими входными переменными:  $X_1$  – расход газа;  $X_2$  – входное давление;  $X_3$  – температура газа;  $X_4$  – содержание влаги;  $X_5$  – затраты на модернизацию осушки газа в ЦОГ;  $X_6$  – затраты на модернизацию осушки газа в абсорбере;  $X_7$  – затраты на дополнительную осушку газа в абсорбере;  $X_8$  – температура воздуха;  $X_9$  – квалификация обслуживающего персонала. Выходными переменными системы являются:  $Y_1$  – температура точки