

Л и т е р а т у р а

1. М а н д е л ь ш т а м С.М., Х а с к и н А.М. Об оптимизации многоблочных измерительных систем. Труды ВНИИЭМ, № 5, 1970.
2. Ш и ш о н о к Н.А., Р е п к и н В.Ф., Б а р в и н с к и й Л.Л. Основы теории надежности и эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры. М., "Советское радио", 1964.
3. К у д р и ц к и й В.Д., С и н и ц а М.А., Ч и н а е в П.И. Автоматизация контроля радиоэлектронной аппаратуры. М., "Советское радио", 1977.

Б.И. Гальцов, Б.Т. Добраца

ПРОЦЕДУРА ВЫБОРА СОСТАВА ПАРАМЕТРОВ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

(М о с к в а)

Одной из актуальных задач технической диагностики считается выбор контролируемых параметров аппаратуры. Несмотря на то, что разработано большое количество математических моделей для оптимизации перечня контролируемых параметров, практическая реализация этих моделей не получила должного распространения. Причины этого заключаются в следующем:

недостаточное внимание со стороны работников промышленности;
разобщенность научных коллективов, занимающихся данной проблемой;

отсутствие достоверных статистических данных эксплуатации аппаратуры;

трудность составления и оптимизации адекватной математической модели для различных систем;

несовершенство самих математических моделей.

Проведенный анализ показывает, что оптимальные методы выбора параметров в зависимости от принятого критерия качества и модели объекта можно объединить в три группы: 1. Структурно-логический. 2. Вероятностный. 3. Метод распознавания образов.

Структурно-логические модели обладают рядом следующих недо-

татов: сложность составления логической модели и таблиц функций неисправности для многорежимных систем, трудность составления и анализа таблиц для учета кратных неисправностей, характерных для сложных систем и др. Кроме того, отсутствие данных по машинному эксперименту определения минимальной проверяющей совокупности параметров, анализу типов таблиц существенно затрудняет их практическое использование.

К структурно-логическим моделям относятся также способы представления объектов с помощью граф-модели и графов причинно-следственных связей. Данным моделям присущи те же недостатки, что были рассмотрены выше. Эти модели также не учитывают стохастических параметров, корреляционных зависимостей и т.п.

Стремление избежать указанных недостатков и дальнейшая формализация задач выбора параметров (ЗВП), привело к созданию вероятностных методов выбора параметров.

В результате исследования проектируемой или же эксплуатирующейся системы разработчики АСК составляют математическую модель, имеющую следующую структуру: найти вектор $X = [X_1, X_2 \dots X_n]$, максимизирующий (или минимизирующий) критерий оптимизации

$$P = \sum_{i=1}^n P_i X_i \quad (1)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^n q_{ij} X_i \leq b_j; \quad (j = \overline{1, S} < n), \quad (2)$$

$$X_i = \begin{cases} 1, & \text{если } X_i \notin \Omega_0 \\ 0, & \text{если } X_i \in \Omega_0, \end{cases}$$

где Ω_0 - выбранный набор параметров из заданного их списка Ω .

В качестве критерия оптимизации можно принять: достоверность контроля, количество информации, апостериорная вероятность безотказной работы и т.д.

Наряду с очевидными достоинствами данной модели ей присущ ряд недостатков. Оптимизация целевой функции для выбора параметров по одному из выбранных критериев, не гарантирует получения оптимального набора, удовлетворяющего перечисленным выше критериям, в то же время набор, удовлетворяющий совокупности требований, как правило, не является оптимальным ни по одному из частных критериев. Вычислительные трудности при решении уравнения (1) и ус-

ловия (2) также снижают практическую применимость вероятностных методов. Трудно построить полную вероятностную модель объекта контроля для выбора параметров систем ЛА [1].

Одной из разновидностей вероятностной модели является представление объекта контроля в виде образа с неизвестными параметрами. Основной идеей минимизации заданного числа параметров (выбора главных параметров) является сравнение исходного описания ОК с некоторой абстрактной эталонной моделью, оптимальной в смысле четкого разграничения классов. Этому методу присущи те же недостатки, что были рассмотрены выше.

Проведенный анализ показывает несовершенство изложенных методов, неправильное распределение роли между человеком и ЭВМ в вопросах выбора параметров.

В связи с этим предлагается следующая человеко-машинная процедура решения ЗВП, состоящая из трех последовательных этапов.

1. С помощью КР на основе математико-статистических методов экспертных оценок составить полный список параметров.

2. Уточнить полученный список с помощью математической модели типа уравнений (1), (2).

3. Корректировка объема параметров на аналого-цифровом моделирующем комплексе.

Рассмотрим вопрос выбора параметров на каждом из данных этапов. Применение метода экспертных оценок базируется на предположении, что на основе коллективного или индивидуального мнения разработчиков возможно выбрать рациональную группу параметров, удовлетворяющую всем предъявляемым требованиям. Каждому эксперту в соответствии с приданным ему весом q_i необходимо заполнить анкету-вопросник, которая затем будет обрабатываться математико-статистическими методами и уточняться вероятностными методами. Разницу во мнениях экспертов, можно задать расстоянием Хемминга для любых двух векторов \vec{u}_i и $\vec{u}_{i,n}$:

$$\rho(\vec{u}_i, \vec{u}_{i,n}) = \sum_{l=1}^m u_{il} \otimes u_{i,n} = \sum_{l=1}^m (u_{il} \bar{u}_{i,n} + \bar{u}_{il} u_{i,n}).$$

Очевидно, что найденный таким образом оптимальный вектор определяет линейное (относительно базовой перестановки) упорядочение параметров, наилучшим образом согласованное с мнением всех экспертов. С учетом веса каждого эксперта и полученных векторов методами математического программирования находится вектор, сумма расстояний которого до векторов, заданных экспертами, минимален.

Затем данный список уточняется с помощью вероятностной математической модели, и математически задача сформулирована следующим образом:

1. Найти набор Ω , для которого $P(\Omega) = \text{макс}$ при

$$\sum_{i \in \Omega} x_i C(x_i) \leq C. \quad (3)$$

2. Найти набор Ω , для которого $\sum x_i C(x_i) = \text{мин}$ при

$$P(\Omega) \geq P_{зад}, \quad (4)$$

где $P(\Omega)$ - апостериорная вероятность работоспособного состояния объекта контроля при положительном исходе контроля, выбранных параметров $\Omega \subseteq S$;

$C(x_i)$ - затраты на контроль i -го параметра;

$P_{зад}$ - требуемая достоверность контроля;

C - ограничение на общую стоимость контроля.

Для решения задач (3), (4) использован метод динамического программирования (ДП).

Оптимальный набор параметров находится из решения следующего рекуррентного уравнения:

$$f(Y) = \text{макс} \{ P_i + f[Y - C(x_i)] \}, \quad (5)$$

где $f(Y) = \text{макс}_{x \in I_y} f(x)$, $Y \in [0, C]$;

I_y - множество целочисленных векторов из S , для которых общая стоимость не превосходит соответствующей величины y ;

Z_y - множество тех i , для которых $C(x_i) \leq Y$.

Для решения задач больших размерностей, когда динамическое программирование становится не эффективным, рекомендуется метод ветвей и границ.

Пересекающиеся подмножества элементов "растягиваются" таким образом, что общий элемент, входящий в несколько подмножеств, принадлежит им всем одновременно, затем параметры ранжируются в соответствии с отношением $\frac{P_i^*}{C(x_i)} = \text{макс}_k$ и из них выбираются k первых, для которых выполняется условие $\sum_{i=1}^k C(x_i) \leq C$. Выбранные параметры образуют вектор базового решения X^* , для которого вычисляются величины $1 - P(X^*) = R^*$ и C^* , являющиеся характеристиками

первой вершины дерева вариантов. Далее оптимальное решение строится в соответствии с общими принципами метода ветвей и границ.

Окончательная корректировка списка параметров выполняется на аналого-цифровом моделирующем комплексе. В основу этого комплекса положен имитатор, сопряженный с аппаратурой управления процессом контроля и обработки, который реализует простые физические модели объектов с теми же параметрами, что и реальная аппаратура. Предложенный имитатор позволяет воспроизводить основные функции аппаратуры. Имитатор представляет собой совокупность различных типовых функциональных элементов, позволяющих варьировать параметрами, вводить отказы и т.д.

По фиксируемым значениям выбранных параметров можно определять их эффективность, чувствительность к изменениям в схеме, степень влияния отдельных элементов друг на друга и прочее.

Рассмотренная процедура может быть рекомендована для выбора параметров сложных систем электромеханического и электронного назначения.

Л и т е р а т у р а

И. К а р и б с к и й В.В., П а р х о м е н к о П.П. и
Основы технической диагностики. М., "Энергия", 1976.

Н.Е. Конюхов, А.Б. Майер, А.А. Плют

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ
ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ
ПО СОВОКУПНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ

(К у й б ы ш е в)

Проблема поиска оптимального соотношения целевой отдачи с темпы и затрат на ее производство и эксплуатацию является актуальной для любых систем и должна решаться на ранних этапах проектирования. Основная трудность заключается в формализации технико-экономической модели целевой отдачи и затрат. В каждом конкретном случае эта задача решается в соответствии с назначением системы ее обобщенной структурой.