

УДК

Р.А.Александров (асп., каф. ИСУ), Ю.М.Смирнов, д.т.н., проф.

ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА МЕТОДОМ ИМЕННЫХ МНОЖИТЕЛЕЙ ЛАГРАНЖА

Одной из основных задач системного проектирования является задача распределения требований (ЗРТ) к элементам системы. Эта задача является специфическим видом задач параметрической оптимизации. Специфика заключается в том, что на ранних стадиях разработки о системе почти ничего не известно, существует множество неопределенностей, касаемых неопределенности цели, окружающей среды, поведения противника и т.д. Классические методы системного анализа мало приспособлены для решения подобных задач, приходится совмещать процесс определения характеристик элементов с имитационными и натурными испытаниями. В таких условиях необходимы эффективные методы поиска оптимального решения, позволяющие работать с минимумом исходных данных и позволяющих использовать получаемую информацию об объекте для корректировки технического решения, данный процесс усложняется еще и тем, что показатель функционирования задан алгоритмически.

Обзор публикаций по постановке и методам решения ЗРТ, особенно работ, выполненных в ИИСТ в 1998-2004 г., по классификации гипотез при построении исходных функциональных зависимостей и по разработке и экспериментальной оценке итерационных процедур решения задач показал ограниченность существующих подходов и актуальность разработки новых методов для решения ЗРТ с учетом их особенностей. Это и явилось целью данной работы.

Нами сформулирована общая задача распределения ресурсов, решаемая при проектировании комплексов. Она сводится к задаче поэтапного поиска и уточнения начального приближения. Использование гипотезы об экспоненциальной зависимости характеристик устройства от его «стоимости» (подтвержденной типичными случаями) позволяет определить общий вид функции стоимости, параметры которой определяются методом наименьших квадратов на основе обработки данных о прототипах.

Задача выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} F = \sum_s \gamma_s \left(1 - \alpha_s \ln \frac{d_s}{d_s^0} \right) \left(1 - \beta_s \ln \frac{q_s}{q_s^0} \right) \rightarrow \min \\ \Phi = 1 - (1 - e^{-y}) e^{-u} \leq Q \end{cases},$$

где $u = \sum_s q_s$, $y = \frac{P}{v}$, $v = \sum_s d_s$, $P = 1 - Q$, d_s – дисперсия погрешности устройства, q_s –

вероятность отказа устройства, Φ – показатель функционирования (ПФ) (вероятность отказа), F – стоимость комплекса, $\gamma_s, \alpha_s, \beta_s$ – коэффициенты. Решение задачи заключается в выборе характеристик устройств комплекса из условия минимизации его стоимости при заданном значении показателя функционирования.

Возможность аналитического построения нулевого приближения к решению позволяет предложить итерационные способы его уточнения, требующие малого числа обращений к модели.

Основной целью работы является выбор и обоснование метода ИМЛ для решения задачи распределения требований, возникающей при системном проектировании радиоэлектронных комплексов. В работе используются классические методы математического анализа (исследование поведения функций, представление их отрезком ряда Тейлора, вариационное исчисление), методы теории вероятности и математической статистики, численные методы решения конечных уравнений, теория чувствительности и малого параметра.

В результате, были получены следующие результаты:

- сформулирована общая задача распределения требований;
- произведен обзор методов решения ЗРТ;
- теоретически обоснован метод ИМЛ;
- предложен и использован способ оценки эффекта от применения рассмотренных методов к ЗРТ с экстремальными исходными данными;

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Задача минимизации функции «стоимости» комплекса при заданном значении ПФ сводится к задаче поиска и уточнения начального приближения x^0 :

- задача поиска x^0 заключается в решении вариационной задачи с использованием в качестве ограничения равенства приближенного выражения ПФ по заданному значению;
- уточнение x^0 заключается в итеративной процедуре определения поправок, получаемых на основе линеаризованных уравнений Куна-Таккера.

2. При сходимости указанной итеративной процедуры значение функции стоимости в предельной точке отличается от минимального на величину второго порядка малости по сравнению с разностью градиентов точной и приближенной зависимости ПФ от параметров.

3. Использование упрощающих гипотез о зависимости интенсивности отказов от моментов отказов отдельных устройств, а условных значений ПФ – от линейной комбинации дисперсий ошибок их функционирования, позволяет определить общий вид приближенной зависимости ПФ от характеристик надежности и точности этих устройств.