

4. Михлин С. Г. Проблема минимума квадратичного функционала. М.: Изд-во технико-теоретической литературы, 1952. 216 с.
5. Филоненко-Бородич М. М. Теория упругости. М.: Физматгиз, 1959. 364 с.
6. Ионов В. Н., Огибалов П. М. Прочность пространственных элементов конструкций. М.: Высш. шк., 1972. 751 с.
7. Ректорис К. Вариационные методы в математической физике и технике / Пер. с англ. М.: Мир, 1985. 590 с.

Игорь Николаевич ГЛУХИХ —

*проректор по информационным технологиям ТюмГУ,
доктор технических наук, доцент*

Валентина Афанасьевна МАРЕНКО —

соискатель

Оптимизация набора элементов сложной системы

при конструировании антенных комплексов

УДК 007:681.3.06

АННОТАЦИЯ. Предложен способ многокритериального отбора элементов приемопередающих антенных комплексов на основе построения и анализа орграфов предпочтений.

The authors consider the problem of aerial complexes construction and suggest the method of multicriteria decision based upon graphs of preferences.

На ранних этапах развития радиоэлектроники обеспечение совместной работы радиосредств решалось в основном путем совершенствования отдельных схемных решений и планирования распределения радиочастот, используемых каждым радиосредством. В настоящее время принятия отдельных частных мер уже не достаточно. Проблема в целом имеет ярко выраженный системный характер.

При создании любого радиоэлектронного средства вопросы обеспечения их электромагнитной совместимости должны приниматься во внимание на возможно ранних стадиях. По мере завершения разработки радиоэлектронного средства набор доступных средств борьбы с нежелательными электромагнитными излучениями уменьшается, а их стоимость возрастает. По зарубежным данным своевременно принятые меры при проектировании радиоэлектронного средства позволяют избежать значительного количества потенциально возможных трудностей, связанных с влиянием непреднамеренных помех. Решения, принятые на поздних этапах, оказываются более сложными, требуют дополнительных затрат труда и средств, увеличивают время разработки изделий, приводят к их удорожанию и ухудшению характеристик, в том числе по массе и габаритам [1].

Как область знаний электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств слишком обширна, поэтому для примера выбрана одна из характерных и практически важных задач — предварительная оценка электромагнитной совместимости приемопередающего антенного комплекса, размещенного на ограниченной площади [2].

Важнейшим вопросом, возникающим при проектировании антенного центра как сложной системы, является вопрос структурного построения, определяющий отношения между его подсистемами и характеристиками функционирования. Структура антенного центра отражает его внутреннюю организацию, распределе-

ние функций управления по элементам организационной иерархии. Возможная структура проектируемого антенного комплекса следующая:

- передающая антенна помещается в центре площадки крышевого типа;
- четыре приемные антенны располагаются на максимальном удалении от передающей антенны.

Антенный центр как единое целое обладает таким свойством, которого нет у составляющих его частей. Это свойство не сводится к простому суммированию свойств объектов его составляющих. Комплекс проектируется как носитель качественно нового свойства. Его функция интерпретируется как цель, а структура выступает как один из вариантов реализации цели. Важнейшей функцией проектируемого антенного комплекса является всенаправленный прием сигнала в определенном диапазоне.

Для постановки задачи разработки антенного комплекса как задачи оптимизации необходимо сформулировать целевую функцию системы $F(x)$, выделить ограничения и управляемые параметры — x . Далее будем рассматривать обобщенную задачу, в которой в качестве управляемых параметров могут быть взяты некоторые элементы x_i (в нашем случае — варианты антенн), из которых может быть сделан выбор; в качестве ограничений — ограничение на число элементов в рассматриваемом множестве выбора; целевая функция — вектор показателей (измеримых, вычисляемых или задаваемых экспертно), характеризующих x_i .

Тогда может быть сформулирована задача многокритериальной оптимизации:

$$F(x) = (F_1(x), \dots, F_n(x)) \rightarrow \min, x \in M,$$

где $M = \{x_1, \dots, x_R\}$, — множество, каждый элемент которого соответствует виду антенны, имеющей несколько характеристик. Характеристики каждого вида антенны оцениваются с помощью набора показателей $F_1(x), \dots, F_n(x)$.

Таким образом, задача состоит в выборе антенны некоторого вида из M такого, чтобы все показатели вектора $F(x)$ стремились к минимуму. Отметим, что в более общем случае элементами M могут быть не отдельные виды антенн, а их агрегаты — варианты структур приемо-передающих комплексов.

Решение задач многокритериальной оптимизации, которые не сводятся к оптимизации с одним критерием, основывается на поиске во множестве возможных решений подмножества недоминируемых по каждому из показателей Парето-оптимальных решений [4].

Ниже описывается способ решений, основанный на построении и анализе орграфов предпочтений. Введем множество вершин E :

$$E = \{e_1, \dots, e_i, \dots, e_R\} \Leftrightarrow M,$$

где каждая из вершин соответствует одному виду антенн из M , т.е. $e_i \Leftrightarrow x_i$.

Рассмотрим на множестве M отношение строгого предпочтения ρ_t по t -му показателю из $F_n(x)$ ($t = 1, \dots, n$). Тогда можно построить орграф отношения ρ_t (см. рисунок):

$$G_t(E, V_t),$$

где V_t — множество дуг, причем $v(e_i, e_j) \in V_t$ тогда, когда $F_t(x_i) < F_t(x_j)$.

Матрица $S_t = \|s_{ij}\|$ смежности орграфа G_t строится по правилу:

$$s_{ij} = \{1; 0; -1 \cdot R\},$$

где $s_{ij} = 1$ — при $v(e_i, e_j) \in V_t$, т.е. когда i -й элемент предпочтительнее j -го по t -му показателю;

$s_{ij} = 0$ — при $v(e_i, e_j) \notin V_t$ и $v(e_j, e_i) \notin V_t$, т.е. когда между этими элементами не установлено предпочтение (элементы несравнимы);

$$s_{ij} = -1 \cdot R \text{ — при } v(e_j, e_i) \in V_t;$$

x — число вершин в графе.

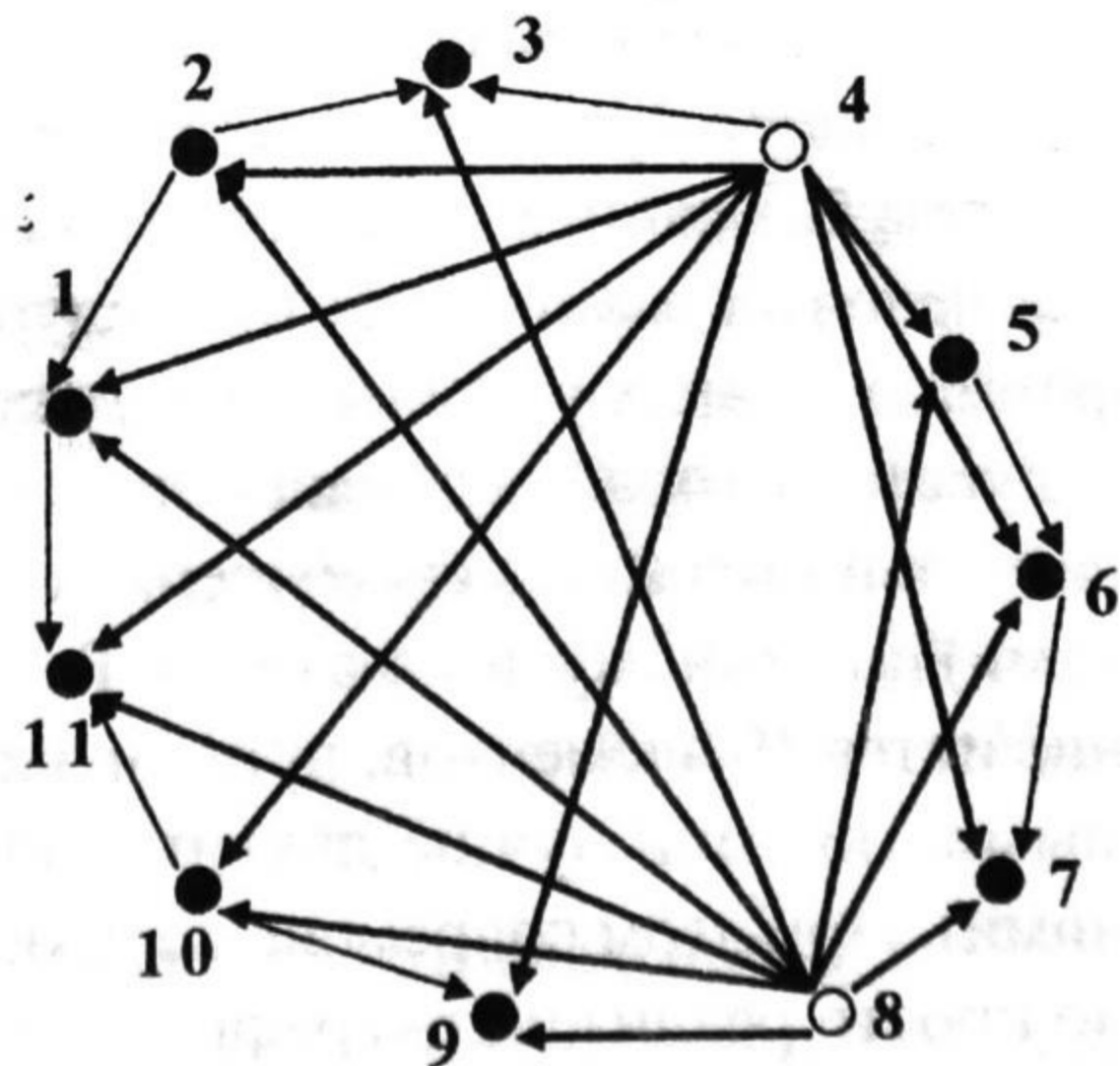


Рис. Пример орграфа предпочтений

Введем обозначение:

$P_{ii} = (p_{ij} | j = 1, \dots, R)$ — вектор доминирования i -го элемента (i -й вершины) по показателю $F_i(x)$ такой, что:

$$p_{ii} = \sum_j s_{ij} / R.$$

Выполнив скаляризацию P_{ii} , получим агрегированную характеристику доминирования i -го элемента (i -й вершины) по показателю $F_i(x)$:

$$L_{ii} = e^T * P_{ii},$$

где e — единичный вектор;

T — знак транспонирования.

Анализ L_{ii} позволяет выделить следующие три случая:

1) $L_{ii} = 0$ — i -й элемент в множестве M не доминируется никаким другим элементом и сам не доминирует ни один элемент по показателю $F_i(x)$;

2) $L_{ii} \in]0; 1-1/R]$ — i -й элемент в множестве M не хуже остальных элементов по показателю $F_i(x)$ и предпочтительнее хотя бы одного. Здесь значение $1/R$ вводится для того, чтобы учесть тот факт, что хотя бы в одном случае p_{ij} будет равным нулю — при $i=j$;

3) $L_{ii} < 0$ — i -й элемент в множестве M доминируется хотя бы одним j -м элементом по показателю $F_i(x)$.

В случае набора показателей $F(x)$ подобный орграф может быть построен по каждому из них. Тогда на выходе будем иметь обобщенный вектор доминирования i -го элемента $L_i = (L_{it} | t = 1, \dots, n)$. Теперь каждому i -ому элементу исходного множества M можно сопоставить векторную характеристику L_i , которая показывает, насколько данный элемент предпочтителен по отношению к другим элементам по каждому из n показателей векторного критерия. Для дальнейшего формирования $M^* \subseteq M$ можно применить известные способы и правила:

— отбор по алгоритму поиска Парето-оптимального решения путем попарного сравнения векторов из множества $\{L_i\}$ и отбрасывания тех из них, которые имеют оценки худшие хотя бы по одному t -ому показателю;

— преобразование L_i в такой ${}_b L_i$, что каждый элемент вектора принимает значение из $\{0; 1\}$, причем ${}_b L_{ii} = 1$ — если i -ый элемент доминирует по данному показателю хотя бы один неравный ему элемент и недоминируем никаким другим; 0 — в противном случае. После этого отбор может быть выполнен по упомянутому алгоритму поиска Парето-оптимальных решений или по обобщенному критерию:

$$\sum_i L_{ii} \geq A,$$

где A — некоторый порог отбора, показывающий число показателей, по которому данный элемент является недоминируемым.

Предложенный способ отбора элементов для антенного комплекса позволяет алгоритмизировать и автоматизировать построение антенных комплексов на основе анализа баз данных о видах антенн. Важным является то, что он может стать основой для человеко-машинных процедур анализа и принятия решений в сложных, слабоформализуемых условиях. Так, построение орграфа Gt является эвристической процедурой, которая позволяет эксперту посредством привычных графических нотаций визуально отразить свое мнение о предпочтениях между элементами (здесь — антеннами) по данному показателю. Так, для примера на рисунке показан орграф, где сравниваются 10 элементов, причем элементы с номерами 4, 8 — являются недоминируемыми, оба они лучше других и несравнимы между собой (отсутствует дуга между ними). При этом современные технологии программных систем позволяют достаточно просто реализовать графический интерфейс для создания, представления в памяти компьютера и последующего анализа орграфов предпочтений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петровский В. И., Седельников Ю. Е. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств. М.: Радио и связь, 1986. 216 с.
2. Маренко В. Ф., Богданов А. В., Лузан Ю. С. Обеспечение электромагнитной совместимости при выборе и размещении КВ антенн приемопередающего центра на ограниченной площади // Техника радиосвязи / Омский НИИ приборостроения. 2002. Вып. 7. С. 58–66.
3. Орлов А. И. Статистические методы оценивания и проверки гипотез / Межвузовский сборник научных трудов. Пермь: Изд-во Пермского государственного университета, 1991. С. 77–86.
4. Ногин В. Д., Протодяконов И. О., Евлампиев И. И. Основы теории оптимизации. М.: Высш. школа, 1986. 384 с.

Евгений Александрович ОЛЕННИКОВ —

старший преподаватель
кафедры информационной безопасности
факультета математики и компьютерных наук,
кандидат технических наук

Александр Анатольевич ЗАХАРОВ —

заведующий кафедрой информационной безопасности
факультета математики и компьютерных наук,
доктор технических наук

Юрий Константинович ШЛЫК —

заведующий кафедрой биомедицинской техники
Института нефти и газа Тюменского государственного
нефтегазового университета, доктор технических наук

Петр Олегович АНДРЕЕВ —

аспирант кафедры биомедицинской техники
Института нефти и газа

Тюменского государственного нефтегазового университета

Программно-аппаратный комплекс регистрации и обработки экспериментальных данных в термическом анализе

УДК 536.62

АННОТАЦИЯ. Разработан программно-аппаратный комплекс «Thermogram Analyser», позволяющий проводить регистрацию и обработку экспериментальных данных в термическом анализе. Создан метод поиска пиков слабых тепловых эффектов на термической кривой. Математически описаны пики тепловых эффектов в дифференциально-термическом анализе.

The hardware and software complex «Thermogram Analyser» is developed. The complex allows to carry out filing and data interpretation in a thermal analysis. The method of searching of peaks of weak heat effects on the thermal curve is generated by its derivation. Peaks of heat effects in a differential — thermal analysis are mathematically circumscribed.

Термические методы исследования позволяют получать данные о процессах происходящих в пробе при ее нагреве. Методы используют в металловедении, материаловедении, минералогии, физико-химическом анализе [1, 2]. В методах основным