

Сравнительный анализ основных методов диагностики аудиовизуальной аппаратуры

А.А. Белоусов (Санкт-Петербург, Россия)
info@baltech.ru

доктор технических наук, профессор СПбГУКИТ

Р.А. Романов

кандидат технических наук, директор по маркетингу и сбыту ООО «Балтех»

Р.П. Филимонов

доктор физико-математических наук, профессор СПбГУКИТ

В статье рассматриваются проблемы выбора метода диагностики аудиовизуальной аппаратуры

Материалы и методы

Метод анализа иерархий, матрица парных сравнений, расчет произведен на программе Mathcad.

Ключевые слова

диагностика, метод анализа иерархий, термография

Comparative analysis of the main diagnostics methods of audiovisual equipment

Authors

Aleksandr A. Belousov (Saint-Petersburg, Russia)

doctor of Engineering Science, professor SPbGUKIT

Roman A. Romanov

phD in Engineering Science, Sales and Marketing Manager of Baltech Ltd.

Ruslan P. Filimonov

doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor SPbGUKIT

Abstracts

The article is concerned with problems of diagnostics methods of audiovisual equipment.

Одной из тенденций мировой киноиндустрии является повсеместный переход на цифровые методы кинопоказа. Ввиду того, что эти методы предъявляют высокие требования к качеству демонстрации фильмов с учетом норм технической, медико-биологической и пожарной безопасности существенно возрастает роль диагностических процедур, обеспечивающих надежность технических объектов аудиовизуальной аппаратуры в процессе их эксплуатации. До настоящего времени наиболее распространенными методами технической диагностики аудиовизуальной аппаратуры были вибромеханические, ультразвуковые и электроимпульсные методы [1]. В последнее десятилетие, однако, все большее распространение находят методы тепловизионной диагностики. Нашедшая первоначально применение только в медицине [2], в настоящее время термодиагностика широко используется в самых разнообразных областях рыночного хозяйства, техники и промышленности. Поскольку в современных цифровых кинопроекторах значительно снизилось количество механических узлов трения и увеличилось число электрических элементов, работающих в широком температурном диапазоне, то естественно было бы апробировать методы тепловизионного анализа для диагностики цифровой аудиовизуальной аппаратуры. Интуитивно понятно, что с увеличением числа объектов, генерирующих разнообразные тепловые поля, должна существенно возрасти роль и значимость тепловизионных методов диагностики. При этом важно понять, какое место в смысле эффективности займет термодиагностика в ряду уже известных и давно используемых методов. Чтобы объективно ответить на этот вопрос, необходимо располагать количественными характеристиками сравниваемых методов.

Для решения поставленной задачи воспользуемся широко используемым в настоящее время в теории принятия решений методом анализа иерархий (МАИ) [3]. Этот метод основан на структурировании проблемы в виде иерархии, имеющей цель, критерии и альтернативы. В соответствии с терминологией МАИ сравниваемые методики будем называть альтернативами. Каждая альтернатива характеризуется совокупностью оценок технических, экономических, финансовых, экологических и т.д., которые называются критериями.

Иерархическая организация системы представляет собой определенный тип системы, в котором критерии могут группироваться в несвязанные множества (подгруппы). При этом критерии каждой подгруппы находятся под влиянием критериев других подгрупп и, в свою очередь, оказывают влияние на критерии третьей подгруппы или

альтернативы. В соответствии с распределением влияния подгрупп критериев между собой возникают уровни иерархии критериев. На высшем уровне иерархии находится некоторая общая цель, относительно которой может иметь место несколько уровней иерархии критериев по степени уменьшения их важности по отношению к главной цели. Критерии низшего уровня замыкаются на альтернативы.

В МАИ предлагается алгоритм одновременной оценки всех альтернатив, основанный на попарном сравнении критериев разных уровней. Метод построения попарных (бинарных) отношений является одним из наиболее универсальных подходов к задаче выбора приоритетов. При этом предполагается, что для каждой пары критериев можно определить отношение предпочтения одного критерия перед другим по отношению к критерию высшего уровня, либо их равноценность. Отношения предпочтения между всеми парами сравниваемых критериев, предъявляемых к выбору, будем считать независимыми между собой. Если сравниваются два критерия x_i и x_j и при этом $x_i > x_j$, то говорят, что имеет место отношение строгого порядка, если же $x_i \geq x_j$, то говорят что имеет место отношение нестрогого порядка. Отношения предпочтения устанавливаются либо путем субъективных экспертных, либо на основе экспериментальных данных. Имеет место теорема Фишберна [4], которая утверждает, что на множестве отношений строгого порядка можно построить такую вещественную функцию $U(X)$, которая будет упорядочивать альтернативы по степени их значимости. Таким образом, решение задачи об упорядочении альтернатив методом МАИ включает в себя следующие этапы:

- структурирование задачи и построение иерархии: цель-критерии-альтернативы;
- попарные сравнения критериев разных уровней;
- вычисление значений приоритетов для критерия каждого уровня;
- количественный расчет функции полезности рассматриваемых альтернатив, ранжирующий их по степени эффективности.

Структурная схема рассматриваемой задачи представлена на рис. 1.

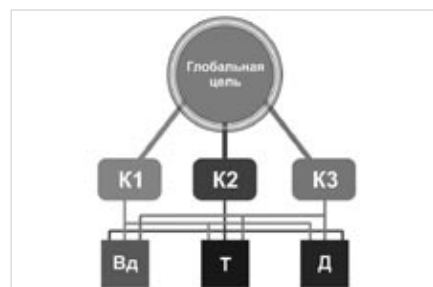


Рис. 1 — Выбор метода технической диагностики с помощью МАИ

На низшем уровне иерархии находятся альтернативы. В качестве альтернатив выберем три метода технической диагностики аудиовизуальной аппаратуры. Основными конкурентами тепловизионной диагностики (Т) в данное время являются вибродиагностика (Вд) и дефектоскопия (Д). В качестве критериев, характеризующих эффективность диагностических методов выберем экономичность (К1), безопасность (К2) и экологичность (К3). Общая глобальная цель - определение наиболее эффективного метода технической диагностики по совокупности трех показателей второго уровня иерархии.

Попарные (бинарные) отношения математически образуют множество упорядоченных пар (x_i, x_j) . Существуют различные способы задания бинарных отношений. Наиболее удобный способ задания бинарных отношений - матричный. При этом все критерии нумеруются и строится матрица парных сравнений (МПС) $x_{ij} = \frac{x_i}{x_j}$ и $x_{ji} = \frac{x_j}{x_i}$ для всех i и j , $i = 1, \dots, n$; $j = 1, \dots, n$. Для составления МПС, как правило, необходима организация и проведение субъективных экспертиз. Не останавливаясь здесь более подробно на вопросах выборов экспертов, типа экспертизы, обработки и анализа результатов экспертизы, характерных ошибках организации экспертиз отметим, что МПС исторически является одним из первых методов, используемых при организации и проведении сложных экспертиз. Он был предложен Г.С. Пospelовым в 1966 г. [5]. Суть МПС заключается в определении весовых коэффициентов критериев данного уровня иерархии относительно критериев высшего уровня. Весовые коэффициенты должны быть пронумерованы, т.е. их сумма должна быть равна единице. Таким образом, в ходе построения МПС должен быть определен вклад критериев каждого уровня в критерии более высокого уровня, непосредственно предшествующие критериям данного уровня.

Ясно, что все элементы МПС есть положительные числа, а диагональные элементы матрицы равны единице. Из принципа построения МПС следует также, что данная матрица является обратно-симметричной и согласованной, т.е. ее элементы удовлетворяют условию $x_{ij} = \frac{1}{x_{ji}}$ и $x_{ij} \cdot x_{jk} = x_{ik}$.

Ключевым техническим действием МАИ является нахождение собственных векторов МПС, т.к. именно элементы этого вектор-столбца и есть весовые коэффициенты, определяющие приоритет одних критериев над другими. Поэтому часто в литературе вектор-столбец называют вектором приоритетов. Строго говоря, для нахождения собственных векторов \vec{W}_i квадратной матрицы Π необходимо решить систему однородных уравнений:

$$(\Pi - \lambda_i I) \vec{w}_i = 0, \quad (1)$$

где λ_i — собственные числа матрицы Π , а I — единичная матрица.

В свою очередь система (1) имеет нетривиальное решение тогда и только тогда, когда ее характеристический определитель обращается в нуль, т.е.

$$\det(\Pi - \lambda_i I) = 0 \quad (2)$$

В этом случае числа λ являются собственными значениями матрицы Π . Можно показать, что у квадратной и положительной МПС порядка n существует единственное положительное собственное число λ , равное значению n . Этому собственному числу соответствует положительный собственный вектор \vec{W}_i . Из (2) следует, что для нахождения собственного числа МПС необходимо найти корни полинома n -ой степени, что представляет при больших n , хотя и разрешимую, но технически достаточно сложную задачу. Поэтому, желая содержательно, но относительно просто ответить на поставленный вопрос, мы вынуждены чем-то поступиться. Например, точностью вычислений, т.е. искать приближенное значение собственного вектор-столбца заключается в выполнении следующих операций:

- суммируем элементы каждой строки и записываем полученные результаты в столбец;
- складываем все элементы найденного столбца;
- делим каждый элемент найденного столбца на полученную сумму.

В итоге получим нормированный собственный вектор-столбец исходной матрицы.

Векторы-столбцы всех критериев данного уровня объединяются в матрицу приоритетов. Произведение этой матрицы на вектор-столбец, определяющий приоритеты критериев высшего уровня позволяет найти вектор-столбец приоритетов критериев низшего уровня. Алгоритм расчета заключается в последовательном повторении этой процедуры в процессе пошагового спуска сверху вниз с одного уровня иерархии на другой.

При построении МПС экспертами использовалась стандартная девятибалльная порядковая шкала. Если сравниваемые критерии A_1 и A_2 эквивалентны, то элементу МПС a_{12} присваивается значение 1, если A_1 незначительно важнее A_2 , то записываем $a_{12} = 3$, когда A_1 значительно важнее A_2 , то $a_{12} = 5$ и, наконец, если A_1 много важнее A_2 , то $a_{12} = 7$. Абсолютное превосходство фиксируется числом $a_{12} = 9$.

Промежуточные оценки числами 2,4, 6,8 используются для облегчения записи компромиссов между сложными оценками.

Независимая экспертиза, показала, что экономичность имеет большее преимущество по сравнению с безопасностью (4) и несколько меньшее по сравнению с экологичностью (3). Несколько упрощая задачу, но без потери общности выберем числа во второй и третьей строках МПС так, чтобы полученная матрица была обратно-симметричной и согласованной. Следовательно, МПС критериев второго уровня относительно глобальной цели (ГЦ) будет иметь вид:

ГЦ	К1	К2	К3
К1	1	4	3
К2	1/4	1	4/3
К3	1/3	3/4	1

Вектор-столбец приоритетов W_i , вычисленный приближенным способом равен

$$\begin{pmatrix} 0,632 \\ 0,158 \\ 0,210 \end{pmatrix} = w_i$$

Следовательно, по отношению к высшей

Keywords

diagnostics, hierarchy analysis method, thermography

References

1. R.A. Romanov. Methods of thermal image processing in thermal imaging diagnostics of complex objects. Oil and Gas exposition, No. 1 (19), February 2012, p.65-66
2. M.M. Miroshnikov and others. Iconics in Physiology and Medicine. L., Nauka 1980, p.360.
3. T.L. Saati. Decision making with dependence and feedback. M. LKI 2001, p.357.
4. P. Fishburn. Utility Theory for Decision Making. M., Nauka, 1978, p.352
5. D.A. Pospelov. Case management: theory and practice. M., Nauka, Fizmatgiz, 1986, p.288.

цели, экономичность имеет весовой коэффициент — 0,632, безопасность — 0,158, а экологичность — 0,210.

Перейдем теперь к оценке альтернатив по отношению к критериям второго уровня. С точки зрения экономичности термодиагностика и вибродиагностика одинаково эффективны и имеют равное преимущество по отношению к дефектоскопии. Поэтому соответствующая МПС и ее собственный вектор-столбец имеют вид:

К1	Т	Вд	Д
Т	1	1	3
Вд	1	1	3
Д	1/3	1/3	1

$$\begin{pmatrix} 0,426 \\ 0,426 \\ 0,149 \end{pmatrix} = w$$

По отношению к двум другим критериям экспертиза дала следующие результаты:

К2	Т	Вд	Д
Т	1	3	6
Вд	1/3	1	2
Д	1/6	1/2	1

$$\begin{pmatrix} 0,666 \\ 0,222 \\ 0,111 \end{pmatrix} = w_3$$

К3	Т	Вд	Д
Т	1	4	2
Вд	1/4	1	1/2
Д	1/2	2	1

$$\begin{pmatrix} 0,571 \\ 0,143 \\ 0,286 \end{pmatrix} = w_4$$

Объединим вектор-столбцы w_2 , w_3 и w_4 в виде матрицы приоритетов Π

$$\Pi = \begin{pmatrix} 0,426 & 0,666 & 0,571 \\ 0,426 & 0,222 & 0,143 \\ 0,149 & 0,111 & 0,286 \end{pmatrix}$$

Умножая далее матрицу Π на вектор-столбец w_1 , получим искомый вектор-столбец приоритетов нижнего уровня иерархии

$$\Pi \times \begin{pmatrix} 0,632 \\ 0,158 \\ 0,210 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,494 \\ 0,334 \\ 0,171 \end{pmatrix}$$

согласно которому нормированный коэффициент эффективности термографии равен 49,4%, вибродиагностики — 33,4% и дефектоскопии — 17,1%.

Итоги

Таким образом в связи с необходимостью определения большого количества дефектов, имеющих различную физическую природу образования, наиболее эффективным методом диагностики технического состояния аудиовизуальной аппаратуры следует признать термографию с детальным анализом термограмм исследуемых объектов.

Выводы

1. При выборе метода технической диагностики для сложных объектов эффективным является структурированный метод анализа иерархий.
2. Для достижения главной цели при выборе методов диагностики вначале необходимо определить основные критерии учитывая безопасность, надежность, а также экономические и финансовые показатели используемой аппаратуры и методик.
3. В мировой практике тепловизионная диагностика технических сложных объектов является одним из экономичных, безопасных и экологичных методов.

Список использованной литературы

1. Романов Р.А. Методы обработки термограмм при тепловизионной диагностике сложных объектов. Экспозиция нефть газ, №1 (19), февраль 2012, с.65-66
2. Мирошников М.М. и др. Иконика в физиологии и медицине. Л., Изд-во «Наука», 1980, 360с.
3. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. М. ЛКИ, 2001, 357с.
4. Фитберн П. Теория полезности для принятия решений. М., Наука, 1978, 352с.
5. Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. М., Наука, Физматгиз, 1986, 288 с.



23-26 октября 2012

НЕФТЬ. ГАЗ. ХИМИЯ

14-я межрегиональная выставка технологий и оборудования для нефтяной, газовой и химической промышленности

Официальная поддержка:

Правительство Пермского края,
Администрация города Перми,
Торгово-промышленная палата
Пермского края



Выставочный центр

**ПЕРМСКАЯ
ЯРМАРКА**

Место проведения
Специализированный
выставочный комплекс
«Пермская ярмарка»

614077, Россия, Пермь,
бульвар Гагарина, 65
(+7 342) 262-58-58
www.expoperm.ru

Время работы выставки
23 октября: 12.00-18.00
24-25 октября: 10.00-18.00
26 октября: 10.00-15.00