

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-6>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/42TVN615.pdf>

DOI: 10.15862/42TVN615 (<http://dx.doi.org/10.15862/42TVN615>)

УДК 62-50

Корнеева Анна Анатольевна

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»

Россия, Красноярск¹

Старший преподаватель

Кандидат технических наук

E-mail: anna.korneeva.90@mail.ru

Чжан Екатерина Анатольевна

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»

Россия, Красноярск

Аспирант

Ассистент

E-mail: ekach@list.ru

О компьютерной диагностике электрорадиоизделий

¹ 660074, г. Красноярск, ул. Киренского, 26Б

Аннотация. Космический аппарат представляет собой сложную техническую систему, в состав которой могут входить сотни тысяч единиц различных электрорадиоизделий: диоды, диодные матрицы, интегральные микросхемы и так далее. Выход из строя хотя бы одного из элементов может привести к поломке всего космического аппарата. Убытки при этом составляют от 500 тыс. долларов. В связи с этим развитие методов диагностики электрорадиоизделий как компонентов космических аппаратов является актуальной проблемой. Отказ электрорадиоизделий в большинстве случаев связан с воздействием внешней агрессивной среды (вибрация, резкие перепады температур, радиация и другие). Устойчивость к подобного рода нагрузкам позволяют выявить испытания электротермотренировки. Электротермотренировка – испытание воздействием температуры в сочетании с электрической нагрузкой, проводимое с целью выявления изделия со скрытыми дефектами. Испытания электротермотренировки является испытаниями неразрушающего контроля, такого рода испытания позволяют выявить неисправность работы тестируемых элементов, не нарушая при их этом работоспособность, пригодность. В качестве примера диагностики электрорадиоизделий приведены результаты обработки испытаний диодных матриц. Было выявлено, что в рассматриваемой партии изделий четких групп различного качества нет.

Ключевые слова: система диагностики; электрорадиоизделие; распознавание образов; таксономия; электротермотренировка; неразрушающий контроль; диодная матрица.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Корнеева А.А., Чжан Е.А. О компьютерной диагностике электрорадиоизделий // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/42TVN615.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/42TVN615

Статья опубликована 25.11.2015.

Введение. Наиболее важным с практической точки зрения классом является задача диагностики изделий без применения средств разрушающего контроля [1, 2, 3]. Особый интерес представляет формулировка задачи диагностики как задачи распознавания образов, связанная с группировкой ЭРИ по результатам испытаний. В работе рассматриваются результаты работы алгоритмы распознавания образов, подробно изложенного в [4, 5, 6, 7]. В качестве примера диагностики ЭРИ в экспериментах используются результаты дополнительных отбраковочных испытаний ЭТТ диодных матриц 2ДС627А.

Технические характеристики диодных матриц. В состав диодной матрицы 2ДС627А входит восемь кремниевых, эпитаксиально-планарных диодов, с отдельными выводами, имеют широкий диапазон рабочих температур: от -60 до +125°С. Элемент используется в коммутаторах тока и других импульсных схемах, аппаратуре специального назначения. Электрическая схема диодной матрицы 2ДС627А приведена на рис.1. Аноды диодов соединены с выводами 1 – 8, катоды – с 16 – 9. Нумерация является условной.

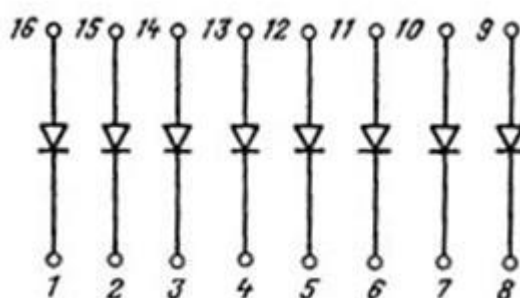


Рисунок 1. Электрическая схема диодной матрицы 2ДС627А

Партия диодных матриц подверглась испытаниям ЭТТ. Режимы проводимых испытаний представлены в таблице 1. Измерение каждой характеристики осуществлялось 8 раз, т.е. для каждого диода матрицы в отдельности. Измерение постоянного прямого напряжения производилось в одном режиме (режим измерения обозначен * в табл. 1), прямой вольтамперной характеристики – в 8 разных режимах. В результате мы имеем матрицу наблюдений переменных x_1, x_1, \dots, x_{72} для имеющегося числа диодных матриц. В работе рассматривается задача разбиения диодных матриц на группы со сходными значениями признаков.

Таблица 1

Режимы измерения характеристик

Контролируемые параметры	№ режима	Режимы измерения	Нормы контролируемых параметров		Обозначение переменных
			не менее	не более	
Постоянное прямое напряжение	*	200 мА	0.85 В	1.15 В	x_1, x_2, \dots, x_8

Контролируемые параметры	№ режима	Режимы измерения	Нормы контролируемых параметров		Обозначение переменных
			не менее	не более	
Прямая вольтамперная характеристика	1	100 нА	100 мВ	250 мВ	$x_9, x_{10}, \dots, x_{16}$
	2	1 мкА	200 мВ	350 мВ	$x_{17}, x_{18}, \dots, x_{24}$
	3	10 мкА	300 мВ	450 мВ	$x_{25}, x_{26}, \dots, x_{32}$
	4	100 мкА	400 мВ	550 мВ	$x_{33}, x_{34}, \dots, x_{40}$
	5	1 мА	500 мВ	650 мВ	$x_{41}, x_{42}, \dots, x_{48}$
	6	10 мА	650 мВ	750 мВ	$x_{49}, x_{50}, \dots, x_{56}$
	7	100 мА	800 мВ	1.00 В	$x_{57}, x_{58}, \dots, x_{64}$
	8	200 мА	850 мВ	1.15 В	$x_{65}, x_{66}, \dots, x_{72}$

Постановка задача таксономии при диагностике ЭРИ. Пусть некоторое изделие может быть отнесено к той или иной категории качества в соответствии с требованиями ГОСТ, предъявляемым к ЭРИ для технических объектов, функционирование которых предполагает длительный срок эксплуатации без проведения текущего ремонта.

Это изделие характеризуется значениями вектора признаков $v = (v_1, \dots, v_m)$, полученных в результате испытаний и может быть отнесена к одному из двух классов V_1 или V_2 . Задача распознавания образов сводится к построению решающего правила на основе имеющейся обучающей выборки $\{\vec{v}_s = (v_1, \dots, v_s), \vec{U}_s\}$, где U_s указания учителя о принадлежности к V_1 или V_2 , s – объем выборки. На рисунке 2 это иллюстрируется для трехмерного вектора v , $m=3$. Элементы обучающей выборки $\{\vec{v}_s, \vec{U}_s\}$ на рисунке не показаны из соображений простоты. В дальнейшем выборку наблюдений переменных $\{v_s = (v_1, \dots, v_s), U_s\}$ объемом s - будем обозначать $\{\vec{v}_s = (v_1, \dots, v_s), \vec{U}_s\}$.

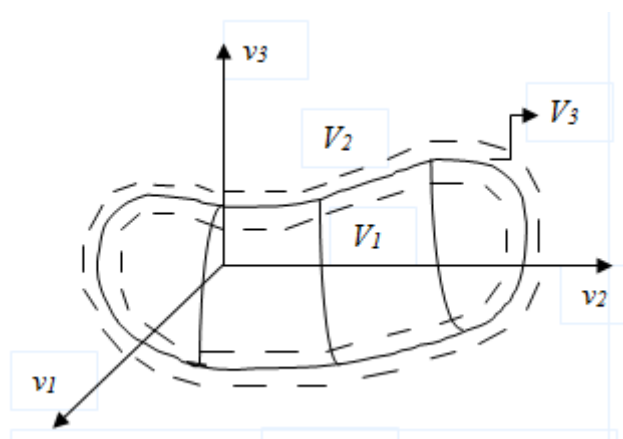


Рисунок 2. Иллюстрация задачи распознавания образов

Спецификой задач диагностики является то, что среди изделий присутствуют «очень хорошие» с точки зрения значений результатов испытаний, «хорошие» и «не очень хорошие». Бракованные изделия, не прошедшие испытания для ЭРИ в рамках ГОСТ или ТУ

исключаются из выборки изделий. Количество классов может быть различным, но независимо от их числа обязательно присутствуют области перемешивания представителей соседних классов. Это изделия, меры принадлежности которых к каждому из двух соседних классов сравнимы по своим численным значениям. Такие детали представляют собой некую пограничную область между переходами из класса в класс, которая на рис.2 обозначена V_3 – область перемешивания изделий разных классов. Можно сказать, что существует область, в которой расположены изделия, для которых сложно определить, к какому именно из имеющихся классов они принадлежат. Это связано с тем, что расстояние между такими изделиями сравнительно мало и не дает оснований для однозначного вывода о принадлежности к определенной группе изделий.

Таким образом, возникает необходимость формулирования задачи распознавания, с выделением пограничного класса изделий. Результаты диагностики следует в дальнейшем использовать для оптимизации технологического процесса производства ЭРИ с целью уменьшения числа элементов пограничного класса [5].

Результаты решения задачи распознавания образов при диагностике диодных матриц. Имеется выборка результатов измерений партии диодных матриц. Объем выборки $s = 150$, измерения осуществлялись по 72 переменных. Изначально группировка проводилась с помощью метода k-средних. Недостаток данного метода состоит в том, что необходимо изначально задать число кластеров, на которое будет разделена вся выборка. На практике информации о наличии классов часто отсутствует.

На предварительном этапе работ были построены гистограммы значений переменных. Пример одной из гистограмм представлен на рис. 3. Здесь по оси абсцисс отложены значения переменной x_{45} (прямая вольтамперная характеристика, режим №5), по оси ординат – значения частота попадания точек в подынтервал p_1, p_2, \dots, p_{10} .

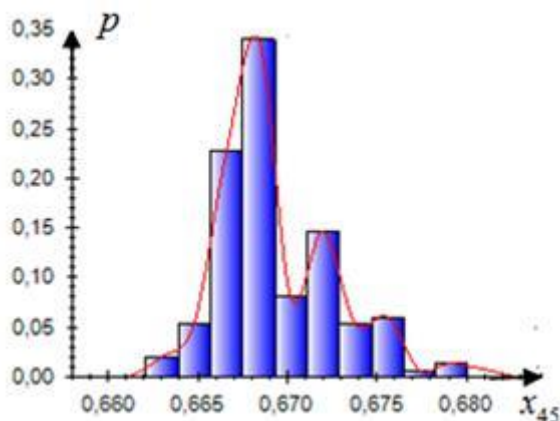


Рисунок 3. Гистограмма значений переменной

Так как большинство полученных гистограмм являются двумодальными, то можно сделать предположение о том, что существует 2 класса [4]. Также можно построить оценку плотности распределения для каждой переменной. В силу того, что закон распределения остается неизвестным, то предпочтительно использовать средства непараметрической статистики [8, 9, 10]. В результате группировки методом k-средних были получены следующие результаты: к первой группе было отнесено 53 изделия, ко второй – 97. При этом максимальная разность между центрами кластеров составляет 0,015 по переменной x_{16} (прямая вольтамперная характеристика, режим №1, диод №8). Кластеризация проводилась по 72 показателям, однако иллюстрация результатов группировки для наглядности приводится

лишь для переменных x_{16} и x_1 (рис. 4). Рассматривая поле корреляции по переменным x_{16} и x_1 (рис. 4а), можно заметить, что группы выражены нечетко и пересекаются. На рис. 4а и 4б по оси абсцисс отложены значения переменной x_1 (постоянное прямое напряжение для диода №1), по оси ординат – переменной x_{16} (прямая вольтамперная характеристика, режим №1, диод №1).

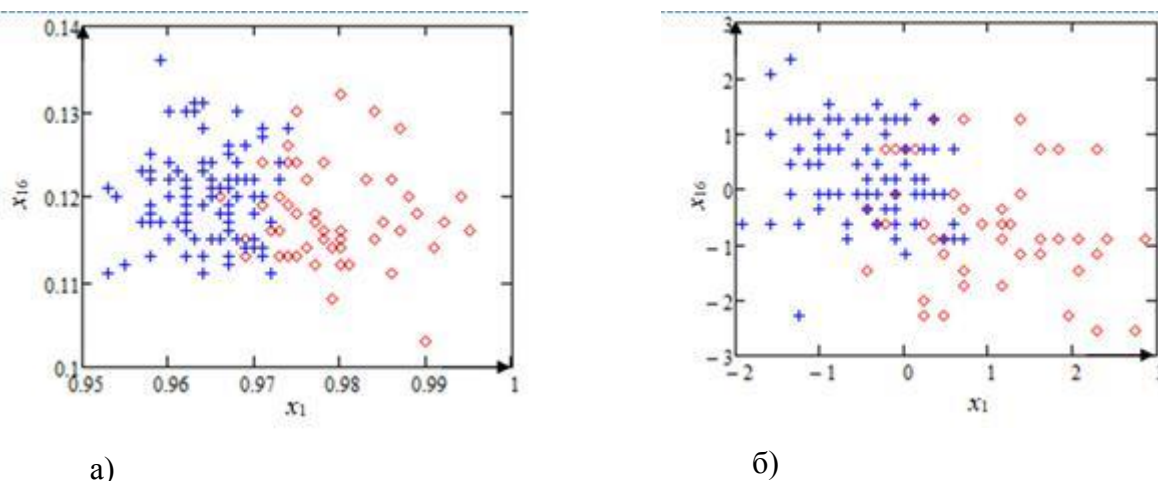


Рисунок 4. Поле корреляции по переменным x_{16} и x_1 : а) до ЭТТ, б) после ЭТТ

В результате таксономии наблюдений, полученных после испытаний ЭТТ, были выделены группы следующего объема: 50 наблюдений в одной группе и 100 – в другой. Данные до и после ЭТТ имеют небольшое различие, график выглядят аналогичным образом (рис. 4б), из чего следует, что значения показателей диодов после проведения электротермотренировки изменились незначительно.

Еще одна особенность метода k-средних состоит в том, что все точки будут разделены на группы. Если же существуют пограничные точки, не принадлежащие явно ни к одному из классов, то они выявлены не будут. Даже если выборка содержит выбросы, то они попадут в какую-либо группу, что приведет к смещению центров групп.

Рассмотрим результаты группировки диодных матриц по результатам измерения параметров до ЭТТ с помощью предлагаемого алгоритма. На рисунке 5 представлена гистограмма распределения расстояний. Как видно из рисунка, здесь имеет место «гипотеза компактности». Но при этом нельзя сделать вывод о количестве классов. Эти сведения мы можем получить только после проведения группировки.

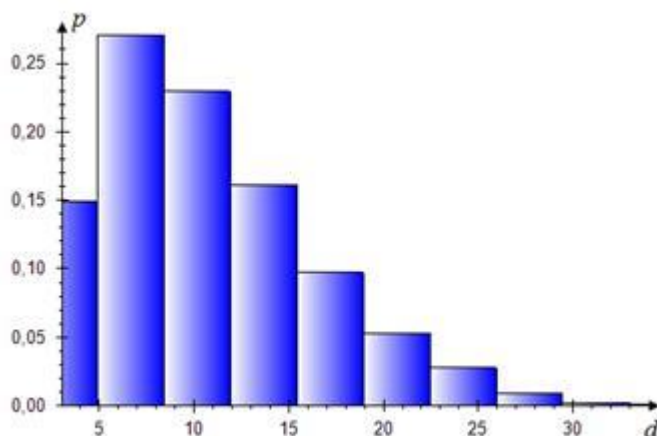


Рисунок 5. Гистограмма расстояний

На данном этапе исследований предполагается ручная настройка параметров алгоритма. Результаты группировки при различных значениях параметров $\Delta 1$ и $\Delta 2$ представлены в табл. 2. Количество групп будет зависеть от величины параметра $\Delta 1$. При изменении параметра $\Delta 1$ от 3 до 4 произошел резкий скачок количества групп – от 3 до 8, однако до этого при разных параметрах $\Delta 1$ количество групп было равно двум. Из этого следует, что существует не более двух групп в выборке.

Таблица 2

Результаты группировки

$\Delta 1$	$\Delta 2$	Число групп	Количество точек в каждой группе	Количество точек, которые не попали ни в одну группу
7	11	2	121; 15	14
5	11	2	121; 15	14
4	11	3	116; 14; 12	8
3	11	8	91; 12; 13; 8; 3; 11; 2; 5	5
5	13	2	129; 9	11
5	15	2	135; 9	6

При увеличении параметра $\Delta 2$, уменьшается количество «пограничных» точек. Вместе с тем растет количество точек в первой группе, а во второй – уменьшается. Явных групп нет.

На предварительном этапе обработки результатов испытаний результатов ЭТТ для диодных матриц было выявлено, что диоды одной матрицы имеют разные характеристики и эта тенденция характерна для всех матриц. Так диоды №1 – 5 матрицы имеют более высокое качество, чем диоды №6 – 8, т.е. диоды можно разделить на две группы разного качества, в том время как для самих матриц такого четкого деления получить не удалось.

Все исследуемые изделия являются годными, т.е. значения измеренных показателей удовлетворяют технологическому регламенту. Однако даже в случае соблюдения технологического регламента можно получить изделия разного качества. Вследствие этого предлагается оптимизировать ведение процесса «внутри» технологического регламента.

Заключение. В работе приведены результаты исследования предложенного алгоритма решения задачи таксономии, позволяющего выделять не только группы в выборке, но и пограничные точки. Методом статистического моделирования подтверждена работоспособность алгоритма. В дальнейшем необходимо реализовать автоматическую настройку параметров предложенного алгоритма.

Выражаем благодарность научному руководителю А.В. Медведеву.

Работа опубликована при поддержке Красноярского краевого фонда науки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов А.И. Математические методы исследования и диагностика материалов (Обобщающая статья) // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2003. Т.69. №3. С. 53 – 64.
2. Жаднов В.В. Анализ моделей прогнозирования и расчета надежности комплектующих элементов бортовой электронной аппаратуры // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – 2013. – Т. 1.
3. Тюлевин С.В., Пиганов М.Н., Еранцева Е.С. К проблеме прогнозирования показателей качества элементов космической аппаратуры // Фундаментальные основы безопасности, надежности и качества. – С. 9.
4. Орлов В.И., Сергеева Н.А., Чжан Е.А. О технической диагностике качества диодных матриц // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. Выпуск №2, Т. 81. Москва, 2015.
5. Коплярова Н.В., Орлов В.И. Об исследовании компьютерной системы диагностики электрорадиоизделий на основе данных испытаний // Вестник СибГАУ, №1, 2014. – С. 1-14.
6. Орлов В.И., Сергеева Н.А., Чжан Е.А. Техническая диагностика электрорадиоизделий // Труды XII всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2014. Москва, 16 – 19 июня, 2014. С. 7676 – 7682.
7. Орлов В.И., Сергеева Н.А. О непараметрической диагностике и управлении процессом изготовления электрорадиоизделий // Вестник СибГАУ. 2013. №2 (48). С. 70-75.
8. Korneeva A.A. About data analysis in non-parametric identification problem / A.A. Korneeva, N.A. Sergeeva, E.A. Chzhan // Proceedings of the international workshop Applied methods of statistical analysis, Novosibirsk. – 2013. – P. 116-123.
9. Hardle W., Marron J.S. Optimal bandwidth selection in nonparametric regression function estimation // The Annals of Statistics. – 1985. – С. 1465-1481.
10. Scott D.W. Multivariate density estimation: theory, practice, and visualization. – John Wiley & Sons, 2015.

Рецензент: Статья рецензирована членами редколлегии журнала.

Korneeva Anna Anatolevna

Siberian Federal University
Russia, Krasnoyarsk

E-mail: anna.korneeva.90@mail.ru

Chzhan Ekaterina Anatolevna

Siberian Federal University
Russia, Krasnoyarsk

E-mail: ekach@list.ru

About computer diagnostics of electronic components

Abstract. The spacecraft is a complex technical system, which may consist of hundreds of thousands of units of various electronic components: diodes, diode arrays, integrated circuits, etc. Failure of even one element may lead to breakage of the spacecraft. The losses may reach a considerable figure from 500 thousand dollars. In this regard, the development of electronic components diagnostic methods as components of the spacecraft is a topical issue. In most cases electronic components failure happens due to the influence of hostile environment (vibrations, extreme temperatures, radiation, etc.). Mechanical article stability can be detected by burn-in test. Burn-in test – testing the effect of temperature in conjunction with an electrical load, carried out to identify the hidden weakness. Burn-in test is non-destructive testing, this type of test can detect hidden defects without disrupting the performance, suitability of test items. As an example of results of processing electrical radio test diode arrays diagnostic are presented.

Keywords: diagnostics system; electronic component; pattern recognition; taxonomy; burn-in test; nondestructive testing; diode array.

REFERENCES

1. Orlov A.I. Matematicheskie metody issledovaniya i diagnostika materialov (Obobshchayushchaya stat'ya) // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. 2003. T.69. №3. S. 53 – 64.
2. Zhadnov V.V. Analiz modeley prognozirovaniya i rascheta nadezhnosti komplektuyushchikh elementov bortovoy elektronnoy apparatury // Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost' i kachestvo». – 2013. – Т. 1.
3. Tyulevin S.V., Piganov M.N., Erantseva E.S. K probleme prognozirovaniya pokazateley kachestva elementov kosmicheskoy apparatury // Fundamental'nye osnovy bezopasnosti, nadezhnosti i kachestva. – S. 9.
4. Orlov V.I., Sergeeva N.A., Chzhan E.A. O tekhnicheskoy diagnostike kachestva diodnykh matrits // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. Vypusk №2, T. 81. Moskva, 2015.
5. Kopyarova N.V., Orlov V.I. Ob issledovanii komp'yuternoy sistemy diagnostiki elektroradioizdeliy na osnove dannykh ispytaniy // Vestnik SibGAU, №1, 2014. – S. 1-14.
6. Orlov V.I., Sergeeva N.A., Chzhan E.A. Tekhnicheskaya diagnostika elektroradioizdeliy // Trudy XII vserossiyskogo soveshchaniya po problemam upravleniya VSPU-2014. Moskva, 16 – 19 iyunya, 2014. S. 7676 – 7682.
7. Orlov V.I., Sergeeva N.A. O neparametricheskoy diagnostike i upravlenii protsessom izgotovleniya elektroradioizdeliy // Vestnik SibGAU. 2013. №2 (48). S. 70-75.
8. Korneeva A.A. About data analysis in non-parametric identification problem / A.A. Korneeva, N.A. Sergeeva, E.A. Chzhan // Proceedings of the international workshop Applied methods of statistical analysis, Novosibirsk. – 2013. – P. 116-123.
9. Hardle W., Marron J.S. Optimal bandwidth selection in nonparametric regression function estimation // The Annals of Statistics. – 1985. – S. 1465-1481.
10. Scott D.W. Multivariate density estimation: theory, practice, and visualization. – John Wiley & Sons, 2015.