

# МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ТЕПЛОГРАММ ПРИ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКЕ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

METHODS OF THERMAL IMAGE PROCESSING IN THERMAL IMAGING  
DIAGNOSTICS OF COMPLEX OBJECTS

УДК 772.96

<b>P.A. РОМАНОВ</b>	аспирант СПбГУКиТ, директор по маркетингу и сбыту ООО «Балтех»	Санкт-Петербург
<b>R.A. ROMANOV</b>	graduate student of SPbGUKiT, Sales and Marketing Manager of Baltech Ltd	Saint-Petersburg
<b>КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: KEYWORDS:</b>	тепловизионная диагностика, обработка термограмм, методы диагностики thermal imaging diagnostics, thermal image processing, diagnostics methods	

В статье рассматриваются проблемы тепловизионной диагностики сложных объектов методами обработки термограмм.

The article is concerned with problems of thermal imaging diagnostics of complex objects using methods of thermal image processing.

В настоящее время развитие всех направлений технической диагностики обусловлено актуальными проблемами общества, которые направлены на решение глобальных проблем в науке и технике. Методов и методик во всех известных и новых направлениях технической диагностики за последние десятилетия появилось множество, но не все они универсальны и эффективны. Для сложных технических объектов очень часто рассматривается проблема обеспечения и повышения их надежности.

В настоящее время наряду с методом тепловизионной диагностики на практике применяется ряд других методов. В данном разделе мы хотим провести сравнительный анализ эффективности наиболее распространенных методов применительно к задаче оценки качества диагностики аудиовизуальной аппаратуры. Для решения указанной задачи воспользуемся наиболее признанными в данное время в теории принятия решений методом анализа иерархий (МАИ) [1]. Ниже излагаются основные положения МАИ, необходимые для выполнения расчетов.

В соответствии с терминологией МАИ сравниваемые методики будем называть альтернативами. Каждая методика (альтернатива) характеризуется совокупностью оценок-технических, экономических, финансовых, экологических и и.д., которые будем называть критериями. Альтернативы однородны по своей внутренней природе, а критерии альтернатив независимы методу собой и не оказывают влияния на другие альтернативы и критерии других альтернатив. Задача состоит в выборе лучшей альтернативы или их упорядочения в порядке значимости показателя эффективности. В основе метода МАИ лежат понятия об иерархии и приоритетах.

В качестве сложного объекта исследования автором был выбран цифровой киновидеокомплекс одного из кинотеатров

г. Санкт-Петербурга. Основными объектами для разработки методов преобразования и анализа термограмм аудиовизуальной техники необходимо принять ограждающие конструкции кинотеатра, его операторскую и непосредственное основное и вспомогательное оборудование для кинопроекции: кинопроекторы и их поддерживающие вспомогательные системы охлаждения, электрические системы, механические системы и системные программные стойки и пр.

Необходимость и проблема проведения постоянной тепловизионной диагностики и контроля технического состояния кинопроекторной техники и инфраструктуры кинотеатров, также заключается в следующем:

- Кинотеатры относятся к объектам скопления большой массы людей, вследствие этого, они являются объектами повышенного внимания с точки зрения пожарной безопасности людей и технического персонала (особенно кинотеатры и видеозалы, совмещенные с торговыми центрами в крупных городах);
- В зависимости от степени нагрева (величины температурного поля) объекта аудиовизуальной техники можно запланировать ремонт с наименьшими потерями и затратами (контроль кинотехники подлежащего ремонту по резервным схемам, проведение ремонта во время наименьшей нагрузки, более рациональное использование технического персонала).

Преимуществами тепловизионной диагностики является:

- Безопасность персонала при проведении измерений;
- Не требуется отключение киноаппаратуры (бесконтактный контроль);
- Не требуется специальных помещений и подготовки рабочего места;
- Большой объем выполняемых

диагностических работ за единицу времени;

- Возможность определения дефектов аудиовизуальной техники на ранней стадии развития;
- Диагностика всех типов аудиовизуальной техники;
- Малые трудозатраты на производство измерений;
- Достоверность, точность и наглядность получаемых сведений и отчетов.

Целью исследовательской работы является разработка и развитие конструктивно-технологического подхода к обеспечению безопасности и надежности объектов киновидеоиндустрии и в частности цифрового киновидеокомплекса путем создания алгоритмов и разработки методов обработки и анализа термограмм.

Методами для решения проблемы преобразования и анализа термограмм для диагностики технически сложных объектов и в частности цифрового киновидеокомплекса являются [2]:

- линейное контрастирование и поэлементная обработка изображений;
- нелинейная обработка изображений с целью улучшения контраста;
- расчет допустимых границ уровней температур (интервальный анализ);
- дискриминантный анализ;
- дисперсионный анализ;
- проверка гипотез согласия с нормальностью.

Для разработки технологии экспериментальных измерений была проведена исследовательская работа по выбору аппаратуры и разработки программного обеспечения для регистрации термограмм. Для данной исследовательской работы, где важна чувствительность и качество изображения термограмм, следует применять микроболометры на оксиде ванадия с разрешением не хуже 160x120 пикселей, также необходимо принять во внимание температурный диапазон ►

измерений, стоимость тепловизора, объем памяти и точность измерения (температурную чувствительность). По соотношению цена/функциональность на сегодняшний день для решения задач диагностики аудиовизуальной техники лидируют тепловизионные комплекты серии BALTECH TR-01100 и разработанное автором программное обеспечение для обработки термограмм на персональном компьютере. За время проведения экспериментальной исследовательской части было произведено снятие и обработка более 200 термограмм однотипных цифровых киноvideoproекторов для определения технического состояния данных сложных объектов.

Одним из эффективных методов обработки термограмм является нелинейное преобразование изображений с целью повышения контраста. Это одно из направлений тепловизионной диагностики связано со зрительным анализом изображений термограмм. Естественно поставить вопрос о предварительной обработке термограмм с целью улучшения его внутренних характеристик, обеспечивающих качество зрительного восприятия термограммы. Наиболее важными характеристиками изображения, влияющими на качество его зрительного восприятия при отсутствии шумов, являются средняя яркость изображения и его контраст [3]. Под контрастом принято понимать различное количественное восприятие двух частей изображения, видимых одновременно или последовательно. Если  $B_i$  и  $B_j$  яркости двух частей изображения, то контраст  $K_{ij}$  есть

$$K_{ij} = \frac{B_i^{2r} - B_j^{2r}}{B_i^{2r} + B_j^{2r}} \quad -1 \leq K_{ij} \leq +1 \quad (1)$$

Где  $r$  – параметр, характеризующий физиологический уровень реакции зрительной системы на яркостный сигнал. Для человека  $r \sim 0,4$ , и поэтому в формуле (1) в теоретических рассуждениях принято полагать  $2r \sim 1$ , тогда (1) трансформируется в (2)

$$K_{ij} = \frac{B_i - B_j}{B_i + B_j} \quad -1 \leq K_{ij} \leq +1 \quad (2)$$

Следует пояснить, что формула (2) действует, когда имеет место двух градационное изображение, в котором один уровень яркости образует фон, а другой характеризует изображение. На практике мы

имеем дело с сюжетными изображениями, которые содержат много градаций яркости. В процессе восприятия сюжетного изображения глаз человека осуществляет сканирование, благодаря чему на центральные и периферийные отделы сетчатки попадает световой поток от всех элементов изображения, создавая на сетчатке глаз среднюю освещенность, пропорциональную средней яркости изображения  $B_0$ .

Подставляя полученные результаты, находим что контраст преобразованного изображения, как функция параметра  $\delta$ , равен

$$K_c'(\delta) = \int_0^1 \frac{\left| x^{2/\delta} - \left( \frac{\delta}{\delta+1} \right)^2 \right| dx}{x^{2/\delta} + \left( \frac{\delta}{\delta+1} \right)^2} \quad (3)$$

В (3)  $\left( \frac{\delta}{\delta+1} \right)$  равно математическому ожиданию случайной величины  $x$ , распределенной по закону (24).

Опираясь на формулу (3), нетрудно показать, что имеют место следующие результаты:

$$K_c'(1/3) = 0,7206 \quad K_c'(1/2) = 0,6366 \\ K_c'(1) = 0,4640 \quad K_c'(2) = 0,3011$$

Таким образом показано, что контраст преобразованного изображения не зависит от сюжета исходного изображения, его гистограммы и контраста, а является характеристикой вида нелинейного статистического преобразования и в зависимости от величины параметра  $\delta$  может служить

мерой его эффективности.

Нелинейное контрастирование термограмм улучшает их визуальное восприятие. Оно в зависимости от классов исследуемых объектов может быть использовано как до, так и после обработки термограмм по другим более сложным статистическим алгоритмам.

#### ВЫВОДЫ:

1. При тепловизионной диагностике сложных объектов для повышения достоверности диагноза необходимо производить анализ термограмм методами обработки изображений (нелинейное преобразование изображений с целью повышения контраста, инверсию изображения, линейное контрастирование изображения, построение линейной и кумулятивной гистограмм изображения, бинаризация изображения, интерполяция первого порядка и пр.).
2. Взаимосвязи между элементами сложного объекта наглядно и эффективно выявляются термографической диагностикой и анализом термограмм. ■

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. – М.: ЛКИ, 2008, с.360.
2. The Thermography Monitoring Handbook, author: Roderick A. Thomas, Oxford, UK, 1999, с.62.
3. Неструк В.Ф. Структура статистических преобразований изображений в ограниченном динамическом диапазоне. Труды ГОИ им.С.И.Вавилова, 1982, т.51, вып. 185, с.13-22.

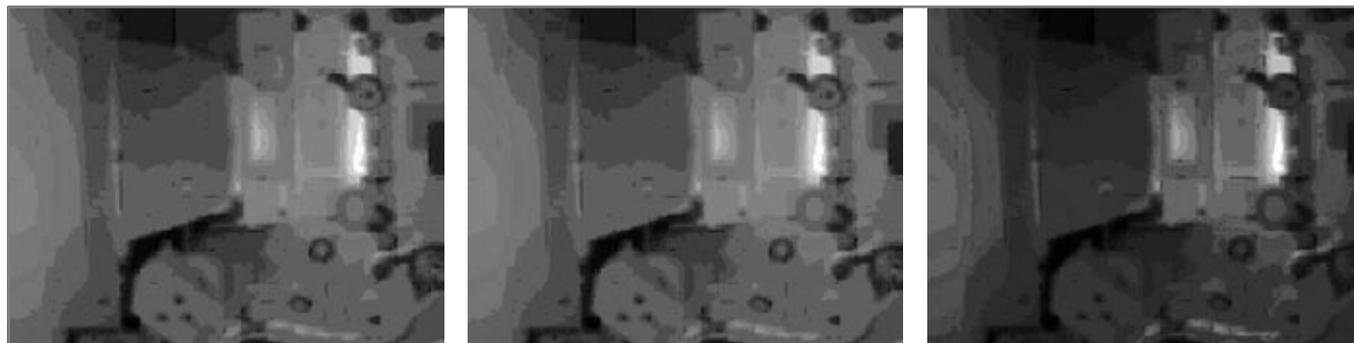
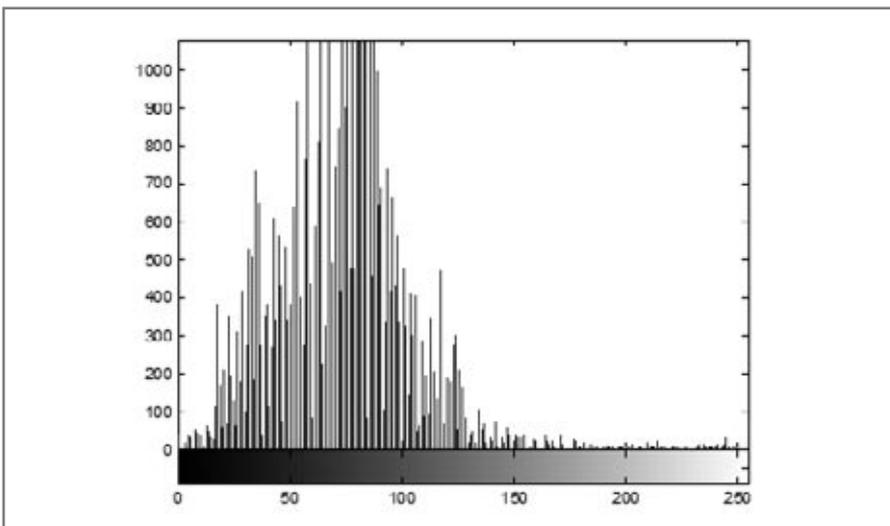


Рис. 1. Пример нелинейного преобразования изображения с целью повышения контраста.