

УДК 519.67 + 681.5

Сорока Л.С., Смеляков К.С., Мешков С.Н., Рубан И.В.

**ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА ТЕОРИИ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ
ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА ДАННЫХ
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТЕРМОГРАФИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

Температура как количественный показатель внутренней энергии тел является универсальной характеристикой объектов и процессов физического мира, в котором непрерывно происходит генерация, преобразование, передача, накопление и использование энергии в ее различных формах. Анализ тепловых процессов (температурных полей, потерь тепла и т.п.) позволяет получить разнообразную информацию о состоянии объектов и протекании физических процессов в энергетике, строительстве, промышленности, медицине и многих других приложениях [1].

Наличие непосредственной связи интенсивности теплового излучения тела с его температурой позволяет осуществлять дистанционное измерение (контроль) температуры путем регистрации теплового излучения. Эта область техники получила название термография (или тепловидение). По сложившейся к настоящему времени терминологии под термографией понимают метод анализа пространственного и временного распределения тепловой энергии (температуры) в физических объектах, сопровождающийся, как правило, построением тепловых изображений (термограмм) [2]. Измерение этого поля долгое время осуществлялось контактным методом с помощью датчиков [3].

Однако реализация контактного метода требует значительных материальных и временных затрат на регистрацию и анализ получаемых данных. Многие объекты анализа, например, трансформаторы, приходится разбирать и выводить из строя сроком на несколько часов или дней, что крайне нежелательно. При этом некоторые объекты, например, плотины гидроэлектростанций в ходе анализа скрытых дефектов, вообще невозможно разобрать. Поэтому одним из определяющих требований к анализу состояния объектов по их тепловому полю является безконтактность. Термографический метод позволяет регистрировать температурное поле объектов бесконтактным путем по их цифровым снимкам – термограммам, что делает контроль оперативным, информативным и экономичным [4]. Начало практического применения термографии относится к 60-м годам XX века, когда на рынке появились тепловизоры шведской фирмы AGA. В первую очередь термографические обследования были применены для контроля и диагностики в электротехнике, радиоэлектронике, авиа- и ракетостроении.

Мониторинг – это система комплексных наблюдений параметров объекта с целью получения оценки качественных и количественных изменений во времени и пространстве, для целей прогнозирования состояния объекта под действием внешних причин и принятия рациональных решений в соответствии с ранее подготовленными программами. Целью и заданием термографического мониторинга (ТМ) является разработка мероприятий по контролю и предупреждению ЧС бесконтактным способом на основе анализа термограмм объектов в ИК-спектре. Составляющими элементами термографического мониторинга являются:

- проведение регулярных наблюдений с целью оценки температурного поля объекта;
- формирование базы данных с результатами наблюдений;
- анализ полученных результатов;

- прогнозирование изменений температурных полей объектов;
- принятие управленческих решений.

В настоящее время термографическая диагностика и тепловой контроль представляет собой высокотехнологичную область прикладных исследований, объединяющую достижения не только в создании аппаратуры (тепловизоров), но и в теории теплопередачи, информационных и компьютерных технологиях. Программы тепловизионных осмотров внедрены на всех атомных станциях США [1, 5], в связи с возможностью оперативной оценки обстановки на качественном уровне и предупреждения ЧС. Показана эффективность применения термографии не только для контроля теплового режима объекта, (обнаружения мест перегрева различного происхождения), но и для выявления дефектов его внутренней структуры: трещин, расслоений и иных.

Спектр сфер применения термографического мониторинга является чрезвычайно широким: электроэнергетика, металлургия, машиностроение, строительство, коммуникации, электроника, авиационная и космическая промышленность и ряд иных. При этом одной из важнейших является задача оперативного обнаружения различных аномалий (дефектов, поломок и прочих) для целей своевременного предупреждения ЧС.

Применяемый для этих целей классический (контактный) подход, является трудоемким, дорогостоящим и часто требует вывода оборудования из рабочего режима, что для крупных сооружений таких, например, как плотина гидроэлектростанции вообще невозможно. Применение термографического мониторинга позволяет решить задачу бесконтактного и более эффективно по времени, но лишь на качественном уровне. Используемая в настоящее время схема анализа термоизображений состоит в том, чтобы получить снимок и производить визуальный анализ интересующих объектов по этим снимкам. Поэтому количественный анализ термограмм все еще остается не эффективным по времени и довольно дорогим из-за использования ручного труда специалистов высокой квалификации, а также неприемлемо грубым в отношении расчета характеристик рассматриваемых на термограммах объектов.

Поэтому для организации эффективного термографического мониторинга в широком смысле актуальной является задача разработки и внедрения в практику не только методики термографирования и визуального анализа получаемых термограмм на качественном уровне, но также специализированного программного обеспечения для целей автоматизации обработки получаемых термограмм с заданной оперативностью и точностью. Практически все современные тепловизоры позволяют получать термограммы в цифровом виде. Поэтому целесообразно автоматизировать процесс анализа термограмм на основе использования аппарата теории распознавания образов [6, 7], применяемого для целей сегментации и идентификации объектов на термограммах по их тепловому излучению, и обеспечивающего тем самым возможность получать оценки характеристик объектов с высокой точностью в реальном масштабе времени [8 – 11].

Применение аппарата теории распознавания образов для целей решения задач термографического мониторинга

Базовый принцип тепловой диагностики заключается в сравнении эталонного и анализируемого полей температур для рассматриваемого объекта. Аномалии температуры служат индикаторами дефектов, а величина температурных сигналов и их поведение во времени лежат в основе количественных оценок или иных параметров объектов [1, 5]. К настоящему времени накоплен значительный опыт по применению термогра-

фии в самых различных областях для контроля всевозможных параметров для очень широкого круга приложений [2]. Так, например, в энергетике объектами контроля являются: электрические подстанции, линии электропередач, теплотрассы, тепломеханическое оборудование и ряд иных объектов (рис. 1). Обнаруживаемые дефекты или контролируемые процессы при этом: ухудшение электро- и теплоизоляции, ослабление механического контакта, короткие замыкания, пробой изолятора, износ токоведущих частей и ряд иных. Кроме энергетики, методы термографического мониторинга находят широкое применение при контроле качества продукции на производстве, при проведении геологических работ с целью разведки ископаемых, в задачах обнаружения ЧС по спутниковым и аэрофотоснимкам и ряде иных областей.

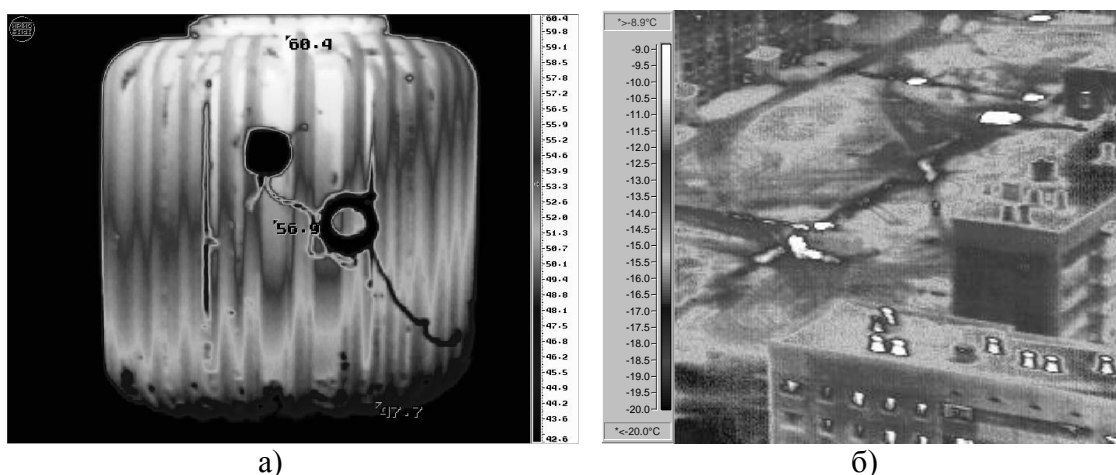
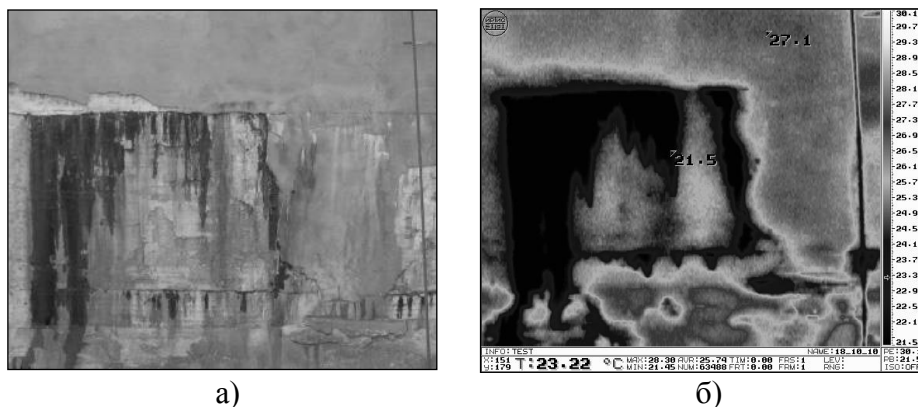


Рисунок 1 – Термограмма корпуса трансформатора, полученная для целей оценивания его состояния (а) и термограмма жилого комплекса и коммуникаций в зимнее время, полученная для целей мониторинга теплотерь (б) [2]

При этом оперативность, точность и экономическая эффективность анализа термограмм являются определяющими критериями, применяемыми для оценивания современных подходов и систем ТМ. Так, например, при обнаружении и анализе ЧС, связанных с возникновением лесных пожаров, или нефтяных разливов оперативность анализа термограмм определяет время реагирования, а точность – адекватность принимаемых мер для ликвидации ЧС; следовательно, от оперативности и точности анализа термограмм зависит масштаб последствий и ущерб от возникновения ЧС. В задачах производственного контроля качества выпускаемой продукции важна высокая точность анализа изделий в реальном масштабе времени. В задачах мониторинга в энергетике одним из ведущих факторов является экономическая эффективность анализа термограмм из-за многочисленности осматриваемых объектов (оборудования, линий электропередач, теплотрасс и иных объектов) и высокой стоимости ручного труда большого числа специалистов высокой квалификации.

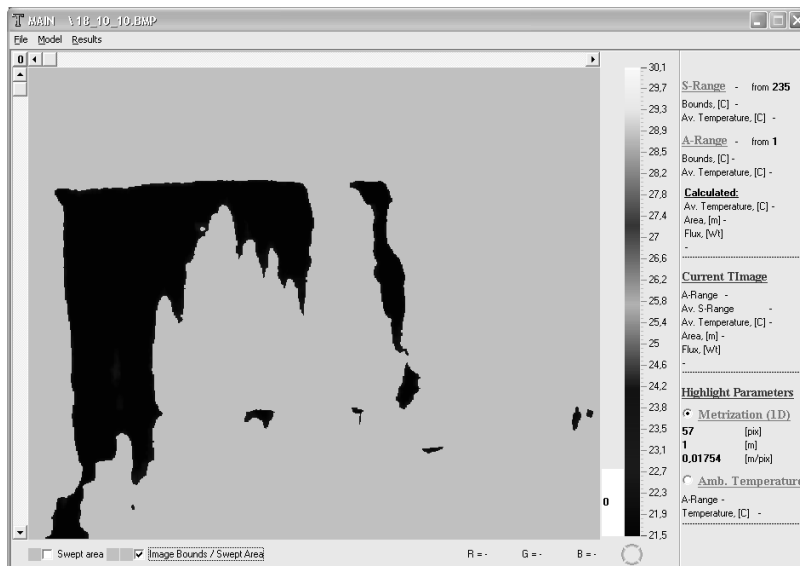
Для удовлетворения всем этим требованиям, в условиях, когда термограммы ничего не стоит представлять в цифровом виде, целесообразно положить в основу анализа термограмм применение методов и алгоритмов теории распознавания образов, позволяющих автоматизировать решение задач сегментации и идентификации интересующих объектов, с целью их последующего прикладного анализа. Тем более что для целей анализа температурных полей часто достаточно применить относительно простые пороговые (интервальные) методы сегментации по яркости. На рис. 2 приведен пример комплексного анализа изображения фрагмента щитовой стенки ГЭС с применением

разработанного для этих целей программного комплекса «Thermo V1 05», который позволяет найти интересующие нас термозоны, оценить их метрические параметры и проанализировать температурное поле объекта или явления с использованием термограмм (и температурных шкал) заданного формата. В качестве примера показано нахождение увлажненных участков фрагмента щитовой стенки.



а)

б)



в)

Рисунок 2 – Видимое изображение (а) и термограмма фрагмента щитовой стенки ГЭС (б); нахождение увлажненных участков фрагмента щитовой стенки с использованием программного комплекса «Thermo V1 05» (в)

Выводы

Используемая в настоящее время схема анализа термоизображений состоит в том, чтобы получить снимок и производить визуальный анализ интересующих объектов по этим снимкам. Поэтому количественный анализ термограмм все еще остается не эффективным по времени, довольно дорогим из-за использования ручного труда специалистов высокой квалификации, а также неприемлемо грубым в отношении расчета характеристик рассматриваемых на термограммах объектов. В этом отношении в работе обоснована актуальность автоматизации анализа термограмм на основе использования аппарата теории распознавания образов, применяемого для целей сегментации и идентификации объектов на термограммах по их тепловому излучению, и обеспечивающего

тем самым возможность прикладного анализа объектов с высокой точностью в реальном масштабе времени. Приведенный пример применения программного комплекса «Thermo V1 05» основанного на сегментации интересующих зон и участков термограмм по яркости показывает эффективность анализа термограмм с использованием подобного рода программных комплексов по критериям оперативности, точности и экономической эффективности (на фоне относительно невысоких временных и финансовых затрат на реализацию).

Литература

1. Неразрушающий контроль: В 7т. / Под общ. ред. В.В. Клюева / В.П. Вавилов. Тепловой контроль: Т. 5. – В 2 кн. – Кн. 1. – М.: Машиностроение, 2004. – 679 с.
2. Маслова В.А., Стороженко В.А. Термография в диагностике и неразрушающем контроле. – Харьков: СМИТ, 2004. – 160 с.
3. P.A. Maisano, V.A. Forbes, O.A. Miskel, M.J. Taylor Cadiangullong RCC Dam: Monitored Performance Versus Design Expectations. – Abstracts of 4-th International Symposium on RCC Dam, 17–19 November 2003, Madrid.
4. Дроздов В.А., Сухарев В.И. Термография в строительстве. – М.: Стройиздат. – 1987. – 238 с.
5. Вавилов В.П., Климов А.Г. Тепловизоры и их применения. – М.: Интел универсал, 2002. – 88 с.
6. R. Gonzalez, R. Woods Digital Image Processing. Second Edition. – Prentice Hall, 2002. – 793p.
7. M. Sonka, V. Hlavak, R. Boyle Image processing, analysis, and machine vision. – California (USA): Cole Publishing Company, 1999. – 770 p.
8. Chen C.H., Pau L.F., Wang P.S.P. Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision. – London (UK): Word Scientific Publishing Company, 1993. – 984 p.
9. Смеляков К.С. Модели и методы сегментации границ изображений нерегулярного вида на основе адаптивных масок: Дис. ... канд. техн. наук: 09.03.05.– Харьков, 2005.– 162 с.
10. I.V. Ruban, K.S. Smelyakov, A.S. Smelyakova, A.I. Tymochko Low Contrast Images Edge Detector // EWDTW 06. – Kharkov: Kharkov National University of Radioelectronics (Sohci, Russia, September 15–19, 2006), 2006. – P. 390–396.
11. K.S. Smelyakov, I.V. Ruban, S.V. Smelyakov, A.I. Tymochko Segmentation of Small-sized Irregular Images // EWDTW 06. – Kharkov: Kharkov National University of Radioelectronics (Odessa, Ukraine, September 15–19, 2005), 2005. – P. 235–241.

УДК 519.67 + 681.5

Сорока Л.С., Смеляков К.С., Мешков С.Н., Рубан І.В.

ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТУ ТЕОРІЇ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ З МЕТОЮ ЕФЕКТИВНОГО РІШЕННЯ ЗАДАЧ АНАЛІЗУ ДАНИХ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ТЕРМОГРАФІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

З метою організації ефективного термографічного моніторингу в роботі розкривається актуальність автоматизації аналізу термограм на основі використання апарату теорії розпізнавання образів, який дозволяє мінімізувати застосування ручної праці, а також забезпечити можливість аналізу термограм з високою оперативністю і точністю.