

*Н. Е. АЛФЁРОВ, А. Б. ЕГОРОВ, канд. техн. наук, О. Г. ЛЕБЕДЕВ, канд. техн. наук,  
В. А. СТОНОГА, канд. техн. наук, О. В. СТОНОГА, В. И. ЧУМАКОВ, д-р. техн. наук*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВИДЕНИЯ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ СОВРЕМЕННЫХ ЗАДАЧ ДИАГНОСТИКИ**

Одним из современных методов диагностики в медицине и биологии является тепловидение. Это обусловлено появлением целого ряда новых задач, которые могут быть решены методами анализа термопортретов биологических объектов, в первую очередь такого, как человек.

Отметим некоторые из них. В настоящее время в ряде стран особое внимание обращено к таким методам терапии, как гипер – и гипотермия, как общая так и локальная [1, 2]. При этом из ряда публикаций следуют сенсационные заявления о победе, в некоторых случаях, над такими заболеваниями, как злокачественные новообразования, СПИД, наркомания и т.п. Не давая здесь оценки этим сообщениям, подчеркнём лишь факты, что все используемые методики могут быть реализованы при жёстком контроле температуры тела пациента как при общей гипертермии или отдельного участка поверхности кожи – при локальной гипертермии, так как речь идёт об использовании запредельно высоких (в биологическом смысле) значений температуры для человека.

Другим классом задач является использование тепловидения в полиграфах, детекторах лжи. В последние год – два появились сообщения о разработках таких достаточно простых устройств, предназначенных для широкого использования в антитеррористических целях в пунктах таможенного контроля, аэропортах, спецучреждениях и т.д. При этом аппаратура тепловидения, осуществляет термоконтроль пассажира, работает «невидимо» и не вносит дополнительно психоэмоционального стресса, что безусловно является очень важным фактом. Важно также и то, что для контроля достаточно времени общения пассажира и таможенных служащих и что при этом не задаются никакие провокационные вопросы – идёт обычная, принятая в таких случаях беседа.

По этой же причине такая процедура может быть использована при приёме на работу в учреждения спецструктур, банков и т.д., конечно с письменного согласия тестируемого. Преимущество: отсутствие стандартных вопросов и ответов, предполагающих два варианта – «да» или «нет».

Отметим ещё ряд задач, решаемых с помощью тепловидения – это диагностика заболеваний зрения человека, связанные с интенсивными или экстенсивными условиями труда, например, длительная работа на персональных ЭВМ.

Остановимся теперь на особенностях термодиагностики, возникающих при решении рассмотренных классов задач. В первую очередь необходимо оценить свойства диагностируемого объекта. Так например, если процедура обследования предполагает анализ термопортрета чисто для целей медицинской диагностики, при возможной фиксации пациента достаточно легко получить термограмму, которая в большинстве случаев может давать основание о постановке предварительного или окончательного диагноза (совместно с другими видами обследования). То же самое можно сказать об информативности такой термограммы при реализации, например, метода локальной гипертермии. Однако зная о существенной «расплывчивости» исследуемого термопортрета, необходимо высказать ряд замечаний. Во-первых, он «дышит» (что в первую очередь относится к органам грудной клетки и желудочно-кишечного тракта). Во вторых, во многих случаях не учитывается рельефность исследуемого участка поверхности тела человека, т.е. регистрируется «плоский» термопортрет. И наконец, в-третьих, анализ термограммы ведётся в реальном масштабе врачом-специалистом и поэтому в достаточной степени может оказаться субъективным. Поэтому с целью улучшения качества термоизображений (термопортретов) представляется необходимым использование современных методов коррекции и восстановления изображе-

ний с помощью их компьютерной обработки и, возможно, внесением в структуры тепловизоров дополнительных анализаторов. Здесь мы специально изменили терминологию «термопортрет» на «термоизображение», чтобы использовать общие подходы анализа. Использование компьютерных методов анализа температурных распределений при процессе импульсного нагрева плазмы показано в [5]. Развитие данной работы и получение абсолютного значения температуры в областях, выделенных с помощью компьютерной термограммы, позволит в дальнейшем строить термоизображения биологических объектов в видимом диапазоне оптического спектра.

Дополнительно к вышесказанному отметим, что при диагностике заболеваний глаз, а также при анализе термоизображений глаза и окружающих его тканей (в детекторах лжи) необходимо учитывать как динамику самого глаза (моргание, поворот глазного яблока, изменения величины зрачка), так и динамику самого объекта (поворот головы, туловища и пр.). Поэтому такие системы тепловидения должны быть угломерными следящими системами. И в значительной степени автоматизированными. А для таможенных служб, например, совсем не обязательно анализировать термоизображение – весь его анализ осуществит ЭВМ, в том числе спектральный и корреляционный, и сообщит тем или иным образом о стрессовом состоянии обследуемого. Также возможно применение таких систем и в экспресс-анализе при выявлении людей с заболеванием атипичной пневмонией.

Рассмотрим некоторые вопросы структурного построения устройств тепловидения, считая их оптическими и оптико-электронными приборами [6]. Наведенные на объект, они в фокальной плоскости своей оптической системы строят его изображение, содержащее необходимые информационные характеристики. Для качественной и количественной оценки параметров контролируемого объекта и его изображения, создаваемого оптическими сигналами, введены понятия о главных плоскостях оптической системы (рис. 1) плоскости предметов – 1, плоскости изображений – 2 и плоскости анализа – 3 [7].

В плоскости предметов и ориентированной перпендикулярно ей оптической оси (ОЭС) двумя координатами  $\vec{\alpha}(\alpha_1, \alpha_2)$ , линейными или угловыми, определяется текущее положение объекта.

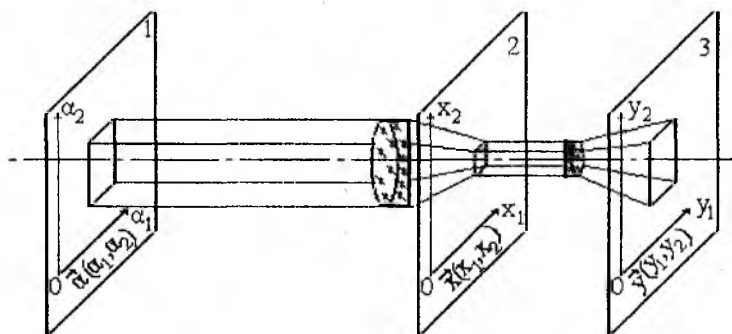


Рис. 1

В более общем случае, связанном с определением пространственного положения объекта, требуется ввести трёхмерный вектор  $\vec{\alpha}(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$  (движение объекта, учёт его рельефности).

Положение плоскости изображения определяется физическими характеристиками оптической системы ОЭС – её объективом. В этой плоскости, определяемой координатной системой  $\vec{x}(x_1, x_2)$  с заданным передаточным коэффициентом и известной точностью (погрешностью), зависящей от технических характеристик ОЭС, строится изображение объекта. Линейные перемещения объекта в горизонтальной плоскости фиксируются координатой  $x_1$ .

Плоскостью анализа является поверхность, в которой осуществляется анализ информации и снятие отсчёта. Эта плоскость строится вспомогательной оптической системой, хотя в некоторых ОЭС она может быть совмещена с плоскостью изображения.

Координаты любого объекта определяются следующим образом. Согласно рис. 1 исследуемый объект характеризуется вектором  $\vec{\alpha}(\alpha_1, \alpha_2)$ , составляющие которого необходимо определить. Оптический сигнал с закодированными параметрами этого вектора передаётся от объектива к ОЭС и фиксируется в его плоскости изображения координатами  $\vec{x}(x_1, x_2)$ , чем между указанными векторами устанавливается однозначная зависимость  $\vec{x}(x_1, x_2) = f[\vec{\alpha}(\alpha_1, \alpha_2)]$ . Поэтому при измерении параметров вектора  $\vec{x}(x_1, x_2)$  определяются также и составляющие вектора  $\vec{\alpha}(\alpha_1, \alpha_2)$ . Объективом ОЭС, выполняющим роль пространственно-частотного фильтра, оптический сигнал направляется в фокальную плоскость, где определяется его положение в оптической системе. В оптических приборах это осуществляется визуальным способом, а в оптико-электронной фотометрическим, так как обязательным является наличие в них того или иного вида фотоэлектронного преобразователя. Эффективность такого измерительного процесса зависит прежде всего от качественных параметров ОЭС, в первую очередь таких как увеличение, величина поля зрения, разрешающая способность и светосила. Здесь лишь отметим, что величина поля зрения обычно может составлять от единиц до  $10^0 \dots 20^0$ , а разрешающая способность, определяющая точность ОЭС при использовании матричных фотоэлектронных преобразователей, полностью соответствует требованиям по этому показателю в устройствах тепловидения.

Для автоматизации оптических измерений необходимо создание логических устройств, способных преобразовывать оптический сигнал в адекватное электрическое напряжение или ток. Назначение таких устройств состоит в том, чтобы для каждого значения функции  $\vec{\Phi} = \Phi[x_1(\alpha_1), x_2(\alpha_2)]$ , выработанной оптическим сигналом, по определённому правилу строилась другая функция с тем же аргументом  $\vec{U} = U[x_1(\alpha_1), x_2(\alpha_2)]$ , представленная электрическим напряжением (или током) и однозначно связанная с первой. К настоящему времени хорошо разработан ряд позиционно чувствительных фотоприемников, в которых не только фиксируется наличие светового потока на их чувствительном слое, но и определяется его положение в координатной системе  $\vec{x}$ . В случае использования в качестве таких фотоприемников приборов с зарядовой связью (ПЗС) отличительным является метод считывания информации – перенос заряда, благодаря чему обеспечивается электронное сканирование. Системы ПЗС являются самыми чувствительными и могут регистрировать отдельные кванты света, накапливая информацию о них в особых ячейках – пикселях. На сегодняшний день известны ПЗС, состоящие из большого количества ( $1000 \times 1000$  и более) полупроводниковых чувствительных ячеек размером в несколько микрометров каждая. Имеются также сведения о разработке новых ПЗС, в которых дрожание изображения определённого происхождения компенсируется смещением накопленного заряда в ту группу пикселей, в которой в данное время регистрируется излучение. Такие системы ПЗС называли системами ПЗС с перпендикулярным переносом. Подобные системы в некоторых случаях могут существенно улучшить качество изображения. Это в первую очередь связано с возможностью автоматической (ПЗС+ЭВМ) обработки получаемых изображений.

Такие устройства, в которых измерительный процесс полностью автоматизирован, вообще представляют особый интерес. Этот класс устройств не требует обслуживания – их включение, поиск объекта, измерение, обработка и представление результата выполняется автоматически по заданной программе. Эти системы отличаются от обычных оптико-электронных приборов тем, что они содержат несколько оптических и электронных устройств, работа которых подчинена единой цели. Логические и вычислительные операции, выполняемые этими устройствами, служат для формирования общего выходного сигнала.

Алгоритм обработки при этом должен учитывать в первую очередь свойства самого объекта. Так, например, если объектом обследования является такой протяженный объект, как глаз, то анализ соответствующего протяженного сигнала, может быть основан на выделении в нём одной или нескольких характерных точек и определение текущего положения этих точек на координатной оси  $x$ . В качестве характерных точек могут служить, например, левый или правый край протяженного оптического сигнала, его энергетический центр тяжести и др. (для глаза характерным признаком его местонахождения на координатной плоскости  $x$  является периодическое изменение температурного контраста за счет моргания в среднем 16 раз в минуту при продолжительности каждого несколько единиц миллисекунд). Определившись с местоположением объекта, осуществив соответствующую привязку по координатам, обработку достаточного количества термоизображений с помощью современных алгоритмов коррекции и восстановления изображений, можно достичь требуемых результатов, например при комплексном использовании детекторов лжи в пунктах таможенного контроля (голосовой анализатор плюс термоанализатор глаза) удаётся достичь 90%-го результата.

Таким образом, для ряда специальных приложений с учётом пространственно-временных свойств исследуемых объектов тепловизионные системы должны рассматриваться как многомерные динамические следящие системы.

**Список литературы:** 1. *Голдобенко Г.В., Жовнир В.К. и др.* Некоторые проблемы локальной гипертермии при неодъювантной лучевой терапии больных раком молочной железы / [http://aokod.msa.ru/science/mamma\\_1999\\_6.htm](http://aokod.msa.ru/science/mamma_1999_6.htm). 2. *Осинский С.П.* Гипертермия в клинической онкологии. Современное состояние проблемы / [http://www.morion.com.ua/magazin/Oncology/archiv/15/s\\_15\\_012.asp](http://www.morion.com.ua/magazin/Oncology/archiv/15/s_15_012.asp). 3. *Тымкул О.В., Тымкул В.М., Ушаков О.К.* Методика определения объёмной формы на основе поляризационной комбинированной термограммы // Оптический журнал. Т. 66-2-99. 4. *Арутюнов В.А., Сорокин О.В.* Способы регулировки чувствительности линейных фоточувствительных приборов с зарядовой связью // Оптический журнал. Т. 66-2-99. 5. *Chumakov V.I., Volkolupov Yu.Ya., Ostrigznoy M.A., et al.* Results of visual investigations of the magnitoplasma compressor emission in air // Technical Physics. 2001. Vol. 46, no. 8. P. 1040 – 1044. 6. *Капичин И.И.* Оптико-электронные углоизмерительные системы. К.: Техніка, 1986. 144 с. 7. *Чуриловский В.Н.* Теория оптических приборов. М.: Машиностроение, 1966. 154 с.

*Харьковский национальный  
университет радиоэлектроники*

*Поступила в редколлегию 03.10.2003*