



## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОМПАРАТОРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

**Бабкова Н.В.**

*Национальный технический университет  
"Харьковский политехнический институт",  
г. Харьков, ул. Пушкинская, 79/2, тел. 707–63–60,  
e-mail: nadjenna@gmail.com*

Для последнего десятилетия характерны быстрое развитие технологий и методов компьютерной обработки цифровых изображений, а также появление скоростной цифровой фотоаппаратуры с высоким разрешением. Многие физические явления и величины, их характеризующие, являются по своей сути оптически наблюдаемыми. Традиционно при исследовании излучения при высокотемпературном процессе использовались пирометры. После внедрения в физический эксперимент компьютеров и цифровых фотокамер данный подход обрел вторую жизнь.

Методы цифровой обработки изображений находят применение в задачах анализа данных астрономических наблюдений, таких как реконструкция полей скорости солнечной плазмы, распознавание формы галактик и др. Такой подход позволяет получать не только качественную, но и количественную картину исследуемого физического процесса.

Как видим, оптические методы находят всё более широкое применение в различных физических экспериментах. Автоматизация данных исследований невозможна без использования цифровой фотосъемки в качестве средства измерения (или других методов позволяющих на выходе получить двумерное изображение), а методов цифровой обработки изображений — в качестве средства анализа результатов. Данный подход позволяет существенно снизить ресурсоемкость физического эксперимента, а также обеспечивает бесконтактное или псевдо бесконтактное измерение физических величин.

В связи со всем этим актуальной становится адаптация метода компараторной идентификации с использованием трехмерной модели цветового зрения человека для определения вида связи цветовой информации изображения и длиной волны (температурой) излучения с поверхности нагретого тела.

Если реальной системе сопоставить некоторый оператор, который описывает процесс ее функционирования, то на первый план выступает задача идентификации структуры этого оператора и его параметров. Довольно хорошо разработанная теория идентификации направлена на решение именно этого класса задач. В классическом понимании физическая постановка задачи идентификации неизвестного объекта выглядит следующим образом [3]: есть некоторый "черный ящик", т.е. объект или система, закономерности поведения которого мы хотим математически описать.



Теория психофизических процессов ставит своей задачей разработку математического описания зависимости ощущений от физических процессов, которые действуют на рецепторы человека. Формально компараторная идентификация может быть описана предикатом  $E(x_1, x_2)$  вида [3]

$$E(x_1, x_2) = D(F[x_1], F[x_2]), \quad (1)$$

где  $x_1, x_2$  – элементы множества входных сигналов  $B$ ;

$y_1 = F[x_1], y_2 = F[x_2]$  – элементы множества выходящих сигналов  $B$ ;

$D$  – стандартный предикат равенства, заданный на декартовом квадрате множества  $B$ .

Для описания цветового восприятия предикат  $E$  принимает следующий вид:

$$E(b', b'') = D(f(b'(\lambda)), f(b''(\lambda))).$$

Здесь сигналы

$$f(b'(\lambda)) = u', \quad f(b''(\lambda)) = u'', \quad (2)$$

где

$$u' = (u'_i), \quad u'' = (u''_i); \quad i = 1, 2, 3; \quad - \quad (3)$$

трехмерные векторы с проекциями  $u'_1, u'_2, u'_3$  и  $u''_1, u''_2, u''_3$ , которые определяются по формулам

$$u'_i = \int_{\lambda_{1i}}^{\lambda_{2i}} b'(\lambda) K_i(\lambda) d\lambda; \quad u''_i = \int_{\lambda_{1i}}^{\lambda_{2i}} b''(\lambda) K_i(\lambda) d\lambda; \quad i = 1, 2, 3; .$$

Формулы (1) и (2) математически описывают вид функций  $u' = f(b'(\lambda)), u'' = f(b''(\lambda))$ .

$D$  – предикат равенства, обусловленный таким образом:

$$D(u', u'') = \begin{cases} 1, & \text{для } u' = u'', \\ 0, & \text{для } u' \neq u''. \end{cases}$$

Данное описание представления предиката  $E$  легко интерпретируется в психофизических терминах. Сигналы  $u'$  и  $u''$  можно понимать как цвета полей сравнения, субъективно воспринимаемые наблюдателем. Функция  $f$  – характеристическая функция эквивалентности - характеризует собой преобразование объективного светового излучения  $b(\lambda)$  в субъективный цвет  $u$ , осуществляемое зрительной системой человека. Предикат  $D$  будем интерпретировать как операцию сравнения цветов, осуществляемую сознанием наблюдателя.

Рассмотрим трехмерную модель цветового зрения человека [3]. Зная значения функций спектральной чувствительности зрения  $K_1(\lambda), K_2(\lambda), K_3(\lambda)$ , которые представлены в табличном виде в [3], можно восстановить величину длины волны светового излучения.

Учитывая, что функции спектральной чувствительности зрения и излучение - числа, можно определить  $K_1(\lambda), K_2(\lambda), K_3(\lambda)$ :

$$K_i = \frac{u_i}{b(\lambda_2 - \lambda_1)}, \quad i=1,2,3;$$

По цифровому изображению высокотемпературного процесса определим координаты цвета  $R, G, B$  в компьютерной системе цветовых координат. С помощью формул перехода определим координаты цвета  $u_1, u_2, u_3$  в системе МКО. Для определения величины светового излучения  $b$  используем метод компараторной идентификации.

Для иллюстрации разработанного способа измерения приведем результаты обработки фотографии горящей парафиновой свечи (рис. 1). Для рис. 1 на изображении пламени зафиксировано значение максимальной относительной температуры 871 К и коэффициента теплопроводности  $\lambda = 50,9$  Вт/(м·К).

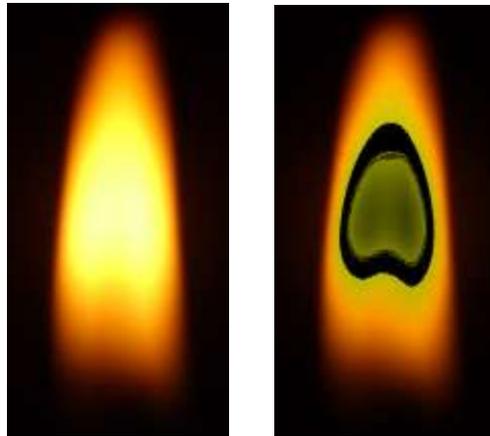


Рис. 1 – Горение парафиновой свечи

Выводы. Привлечение современных средств регистрации изображений, методов цифровой обработки изображений, распознавания образов позволяет осуществлять высокоточное количественное исследование оптически наблюдаемых или специально визуализированных физических процессов. Обработка больших массивов данных, полученных в ходе экспериментов, может быть в значительной степени автоматизирована. Это позволяет исследователю экономить время, затрачиваемое на проведение анализа и интерпретацию данных, а также на идентификацию изучаемых процессов на основе моделей, построенных для их описания.

### Список литературы

1. *Вавилов В.П.* Тепловые методы неразрушающего контроля: Справочник –М. : “Машиностроение”. – 1991. – 240с.
2. *Смирнов А.Д.* Математические модели теории передачи изображений –М. : “Связь”. – 1979. – 96 с.
3. *Бондаренко М. Ф.* Мозгоподобные структуры: Справочное пособие. / М. Ф. Бондаренко, Ю. П. Шабанов-Кушнарченко. Том первый. Под редакцией акад. НАН Украины И.В. Сергиенко. – К. : Наукова думка, 2011. – 460 с.
4. *Бондарев В. Н.* Искусственный интеллект / В. Н. Бондарев. – Севастополь : СевНТУ, 2002. – 615 с.