

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ НЕСАМОСВЕТАЮЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

И. Е. ЗУЙКОВ, Е. Н. САВКОВА

«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

В работе рассматривается метод измерения яркости и координат цвета несамосветящихся объектов с применением систем технического зрения (работа выполняется в рамках ГНТП «Электроника и фотоника», подпрограмма «Фотоника 2015» (задание «Разработка принципов, методов и аппаратно-программных средств колориметрии высокого разрешения»)).

Предложенный способ измерения яркости (см. рис. 1) основан на том, что на поверхности объекта выбирают в различающихся по освещенности зонах две области 1 опорной яркости, в которых с помощью яркомера измеряют усредненные яркости L_{01} и L_{02} . Затем на линии, исходящей из центра зоны наблюдения в направлении освещаемого объекта, располагают матричное фотоприемное устройство 4 на расстоянии до границ контрольного участка 2 не менее десятикратного минимального размера этого участка таким образом, чтобы его объектив располагался на уровне глаз оператора и оптическая ось совпадала с линией зрения. Цифровую регистрацию поверхности объекта осуществляют включая области опорной яркости и путем компьютерной обработки полученных цифровых изображений определяют яркость L контрольной точки по формуле:

$$L = (N - N_{01}) \frac{(L_2 k_2 - L_1 k_1)}{N_{02} - N_{01}} + L_1 k_1 \quad (1)$$

где N – усредненная яркость участка цифрового изображения, соответствующего области данной контрольной точки, отн.ед. $CIE\ Lu^*v^*$:

$$N = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i \quad (2)$$

где N_i – яркость i -го элемента цифрового изображения, отн. ед. ($CIE\ Lu^*v^*$, $CIE\ La^*b^*$, YIQ , $YCbCr$ и др.); N_{01} , N_{02} – усредненные яркости участков цифрового изображения опорных областей, отн.ед. ($CIE\ Lu^*v^*$, $CIE\ La^*b^*$, YIQ , $YCbCr$ и др.); L_{01} , L_{02} – усредненные значения яркости опорных областей, кд/м², вычисленные по формуле

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i \quad (3)$$

где L_i – яркость i -й элементарной площадки рабочей поверхности, кд/м²; i – порядковый номер элементарной площадки рабочей поверхности; n – количество элементарных площадок рабочей поверхности; k_1, k_2 – коэффициенты, зависящие от индикатрис рассеяния поверхности объекта в контрольной точке, отн.ед.

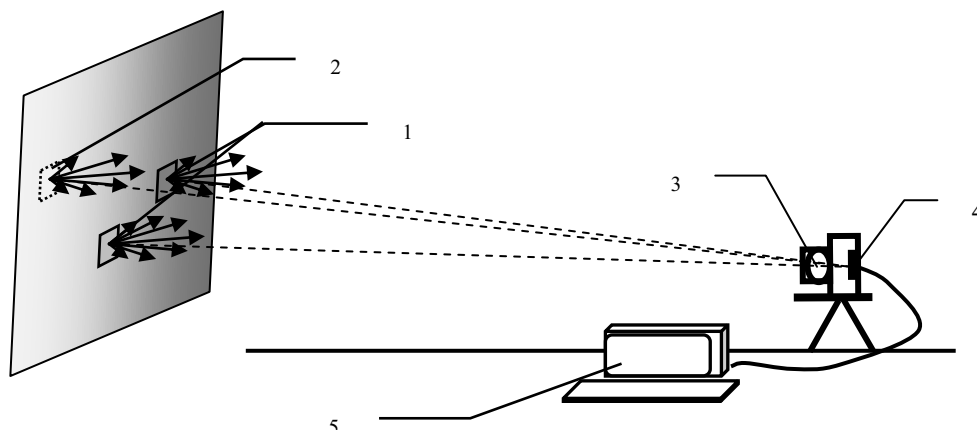


Рис. 1. Принцип измерения яркости несамосветящегося объекта

Способ реализован при проведении фотометрических испытаний автомобильных фар дальнего, ближнего света и сигнальных фонарей с помощью специального средства измерений, включающего фотоэлектрический яркомер (ГОСТ Р 8.665), цифровую камеру полупрофессионального класса, поддерживающую форматы *TIFF* и *RAW*, с порогом чувствительности 0,1 лк.

На предварительном этапе камера была подвергнута тестированию, которое проводилось в лабораторных условиях и включало процедуры определения количества дефектов фоточувствительного поля матрицы; неравномерности чувствительности по полю изображения; сигнала насыщения; уровня темнового сигнала и ширины динамического диапазона путем выполнения серии калибровочных кадров. При пересчете к световым единицам разброс точек относительно калибровочной кривой составлял не более 10 %, что показывает возможность применения данного метода.

В области колориметрии высокого разрешения установлено, что для согласования процесса передачи графических данных и обеспечения метрологической прослеживаемости необходимо применять стандартизованные профилирующие средства – цветовые мишени, представляющие собой наборы однозначных мер – Pantone, Gretag Macbeth ColorChecker, IT8.7/2, IT8.7/1 и др., и референсные цветовые пространства, такие как *sRGB* и *CIE L*a*b** [1]. Цвет выделенной группы пикселей цифрового изображения определяется путем сравнения усредненных числовых значений колориметрических показателей с показателями палитры цветовых мишеней. Идентифицируемому цвету приписываются значения мишени по критерию минимального стандартного отклонения цвета ΔE_{ab} , которое для всех модификаций пространства *CIE XYZ* находят по формуле [2, 3]:

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (4)$$

где ΔL^* , Δa^* , Δb^* – различия светлоты и координат цвета испытуемого образца и образца сравнения.

Были созданы цветные и ахроматические образцы и палитры, аттестованные в лаборатории физико-химических измерений НП РУП «Белорусский государственный институт метрологии», и проведен внутрिलाбораторный сличительный эксперимент, основанный на том, что в условиях повторяемости и промежуточной прецизионности были получены координаты цвета посредством цифровой регистрации с помощью ПЗС-матрицы цифровой камеры в форматах JPEG, TIFF, RAW с различными выдержками и с помощью колориметра LM 7 Colorimeter C2210. Были определены координаты цвета образцов в системе RGB для значений экспозиции 0,3; 0,7; 1,0; 1,3; 1,7 с для получения зависимостей при пересчете в систему XYZ. Измерительный канал включал источник света (типа А), объект измерений, регистрирующее фотоприемное устройство (цифровую камеру полупрофессионального и профессионального класса), отображающее устройство, цифровое изображение. Для каждой серии изображений построены зависимости значений усредненной яркости (отн.ед.) по каждому цветовому каналу от времени экспозиции (выдержки), представленные на рис. 2.

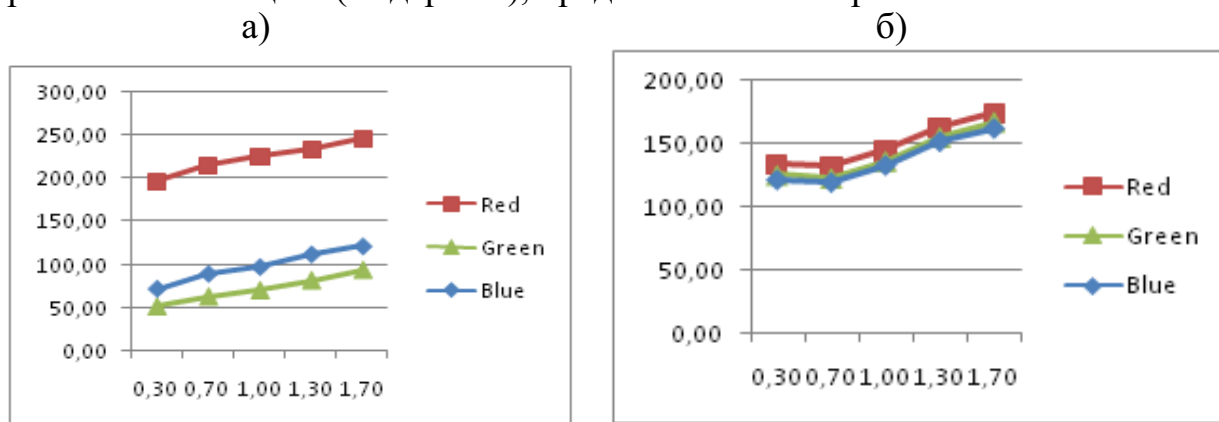


Рис. 2. Графики зависимости яркости цифровых изображений от времени экспозиции: а – «пурпурная палитра»; б – «серая палитра»

Зависимости показывают пропорциональное линейное возрастание яркости с увеличением времени экспозиции. Установлено, что наибольшее среднее квадратическое отклонение наблюдается в синем цветовом канале.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Годен, Ж.** Колориметрия при видеообработке / Годен Ж. / М. : Техносфера, 2008. – 328 с.
2. Цвет. Управление цветом. Цветовые расчеты и измерения [Электронный ресурс]. /М. Домасев, С. Гнатюк / 2009. С. 219. Режим доступа: <http://book.tr200.net/v.php?id=39890>.
3. Краски и лаки. Колориметрия. Часть 1. Основные положения ISO 7724-1-2008.

E-mail: evgeniya-savkova@yandex.ru