

УДК 629.73.02; 629.73.05/06; 535.643

ОЦЕНКА ГИСТОГРАММ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИРАЩЕНИЙ КООРДИНАТ ЦВЕТНОСТИ ДЛЯ СРЕДСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

И.О. Жаринов^a, О.О. Жаринов^b

^a АО «ОКБ «Электроавтоматика», Санкт-Петербург, 198095, Российская Федерация

^b Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, 190000, Российская Федерация

Адрес для переписки: igor_rabota@pisem.net

Информация о статье

Поступила в редакцию 05.11.16, принята к печати 20.01.16

doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-3-568-572

Язык статьи – русский

Ссылка для цитирования: Жаринов И.О., Жаринов О.О. Оценка гистограмм распределения приращений координат цветности для средства отображения информации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 3. С. 568–572. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-3-568-572

Аннотация

Рассматривается задача вычисления оценки приращения координат цветности изображения, выводимого на средства индикации (жидкокристаллическая панель и пр.). Исходными данными для количественного расчета является профиль средства отображения информации, заданный матрицей весов для компонентов основных цветов. Результатом исследования являются математические выражения, позволяющие вычислять оценки приращений координат цветности изображения, индицируемого на средстве отображения и гистограммы распределения приращений.

Ключевые слова

координаты цветности, средство отображения информации, приращение

EVALUATION OF DISTRIBUTION HISTOGRAMS FOR INCREMENT OF CHROMATICITY COORDINATES IN DISPLAY TECHNOLOGIES

I.O. Zharinov^a, O.O. Zharinov^b

^a SPb Scientific Design Bureau “Electroavtomatika” n.a. P. A. Efimov, Saint Petersburg, 198095, Russian Federation

^b Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint Petersburg, 190000, Russian Federation

Corresponding author: igor_rabota@pisem.net

Article info

Received 05.11.16, accepted 20.01.16

doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-3-568-572

Article in Russian

For citation: Zharinov I.O., Zharinov O.O. Evaluation of distribution histograms for increment of chromaticity coordinates in display technologies. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2016, vol. 16, no. 3, pp. 568–572. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-3-568-572

Abstract

We consider evaluation problem of chromaticity coordinates increment for an image displayed by indicating means (liquid crystal panels and etc.). Display device profile set by the weight matrix for components of primary colors serves as basic data for quantitative calculation. Research results have the form of mathematical expressions allowing calculation of increment values of chromaticity coordinates of the image displayed on indicating means and histograms of increment distribution.

Keywords

chromaticity coordinates, indicating means, increment

Из теории колориметрии известно [1–3], что цвет, заданный кодом *RGB* (*R* – Red, *G* – Green, *B* – Blue) и индицируемый на средстве отображения информации (жидкокристаллическая панель, плазменная панель, электронно-лучевая трубка, светодиодная панель и т.д.), может быть представлен в различных цветовых пространствах [1, 4]:

– *XYZ*-координатами цвета:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_r & X_g & X_b \\ Y_r & Y_g & Y_b \\ Z_r & Z_g & Z_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_r & X_g & X_b \\ Y_r & Y_g & Y_b \\ Z_r & Z_g & Z_b \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где $X_r, X_g, X_b, Y_r, Y_g, Y_b, Z_r, Z_g, Z_b$ – весовые компоненты цвета, определяющие профиль (математическую модель цветовоспроизведения) средства отображения информации;

– (x,y) -координатами цветности:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}, \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}, \quad X = \frac{xY}{y}, \quad Z = \frac{(1-x-y)Y}{y}; \quad (2)$$

– (u',v') -координатами цветности:

$$u' = \frac{4X}{X+15Y+3Z}, \quad v' = \frac{9Y}{X+15Y+3Z}, \quad X = \frac{9Yu'}{4v'}, \quad Z = \frac{3Y(4-u')}{4v'} - 5Y, \quad (3)$$

$$u' = \frac{2x}{6y-x+1,5}, \quad v' = \frac{4,5y}{6y-x+1,5}, \quad x = \frac{4,5u'}{3u'-8v'+6}, \quad y = \frac{2v'}{3u'-8v'+6}. \quad (4)$$

Приращение координат цветности из точки (x_i, y_i) в точку (x_{i+1}, y_{i+1}) на XY -плоскости или из точки (u'_i, v'_i) в точку (u'_{i+1}, v'_{i+1}) на UV -плоскости образуется при изменении кода $R_i G_i B_i$ индицируемого цвета в код $R_{i+1} G_{i+1} B_{i+1}$. Минимальное значение приращения дает единичное изменение только одного компонента основного цвета (красного, зеленого или синего).

Количественная оценка приращения координат цветности имеет важное практическое значение, так как определяет требования к разрешающей способности измерительной аппаратуры (колориметр, спектро радиометр и т.д.), используемой в экспериментах со средствами отображения [5–7]. В это связи актуальной является задача получения на основе (1)–(4) теоретической оценки и последующего исследования гистограмм распределения приращений координат цветности как на XY - так и на UV -плоскости.

В общем виде оценка приращения координат цветности на XY -плоскости имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \Delta x = x_{i+1}|_{R_{i+1}G_{i+1}B_{i+1}} - x_i|_{R_iG_iB_i} = \frac{X_{i+1}}{X_{i+1}+Y_{i+1}+Z_{i+1}} - \frac{X_i}{X_i+Y_i+Z_i} \\ \Delta y = y_{i+1}|_{R_{i+1}G_{i+1}B_{i+1}} - y_i|_{R_iG_iB_i} = \frac{Y_{i+1}}{X_{i+1}+Y_{i+1}+Z_{i+1}} - \frac{Y_i}{X_i+Y_i+Z_i} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \Delta x = \frac{\det \begin{pmatrix} \det \begin{pmatrix} X_b & Y_b + Z_b \\ X_g & Y_g + Z_g \end{pmatrix} & R_i & R_{i+1} \\ \det \begin{pmatrix} X_r & Y_r + Z_r \\ X_b & Y_b + Z_b \end{pmatrix} & G_i & G_{i+1} \\ \det \begin{pmatrix} X_g & Y_g + Z_g \\ X_r & Y_r + Z_r \end{pmatrix} & B_i & B_{i+1} \end{pmatrix}}{(a_r R_i + a_g G_i + a_b B_i)(a_r R_{i+1} + a_g G_{i+1} + a_b B_{i+1})} \\ \Delta y = \frac{\det \begin{pmatrix} \det \begin{pmatrix} Y_b & X_b + Z_b \\ Y_g & X_g + Z_g \end{pmatrix} & R_i & R_{i+1} \\ \det \begin{pmatrix} Y_r & X_r + Z_r \\ Y_b & X_b + Z_b \end{pmatrix} & G_i & G_{i+1} \\ \det \begin{pmatrix} Y_g & X_g + Z_g \\ Y_r & X_r + Z_r \end{pmatrix} & B_i & B_{i+1} \end{pmatrix}}{(a_r R_i + a_g G_i + a_b B_i)(a_r R_{i+1} + a_g G_{i+1} + a_b B_{i+1})} \end{cases}, \quad (5)$$

где $a_r = X_r + Y_r + Z_r$, $a_g = X_g + Y_g + Z_g$, $a_b = X_b + Y_b + Z_b$.

В общем виде оценка приращения координат цветности на UV -плоскости имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \Delta u' = u'_{i+1}|_{R_{i+1}G_{i+1}B_{i+1}} - u'_i|_{R_iG_iB_i} = \frac{4X_{i+1}}{X_{i+1}+15Y_{i+1}+3Z_{i+1}} - \frac{4X_i}{X_i+15Y_i+3Z_i} \\ \Delta v' = v'_{i+1}|_{R_{i+1}G_{i+1}B_{i+1}} - v'_i|_{R_iG_iB_i} = \frac{9Y_{i+1}}{X_{i+1}+15Y_{i+1}+3Z_{i+1}} - \frac{9Y_i}{X_i+15Y_i+3Z_i} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Delta u' = \frac{\det \begin{pmatrix} \det \begin{pmatrix} X_b & 60Y_b + 12Z_b \\ X_g & 60Y_g + 12Z_g \end{pmatrix} & R_i & R_{i+1} \\ \det \begin{pmatrix} X_r & 60Y_r + 12Z_r \\ X_b & 60Y_b + 12Z_b \end{pmatrix} & G_i & G_{i+1} \\ \det \begin{pmatrix} X_g & 60Y_g + 12Z_g \\ X_r & 60Y_r + 12Z_r \end{pmatrix} & B_i & B_{i+1} \end{pmatrix}}{(a'_r R_i + a'_g G_i + a'_b B_i)(a'_r R_{i+1} + a'_g G_{i+1} + a'_b B_{i+1})}, \quad (6)$$

$$\Delta v' = \frac{\det \begin{pmatrix} \det \begin{pmatrix} Y_b & 9X_b + 27Z_b \\ Y_g & 9X_g + 27Z_g \end{pmatrix} & R_i & R_{i+1} \\ \det \begin{pmatrix} Y_r & 9X_r + 27Z_r \\ Y_b & 9X_b + 27Z_b \end{pmatrix} & G_i & G_{i+1} \\ \det \begin{pmatrix} Y_g & 9X_g + 27Z_g \\ Y_r & 9X_r + 27Z_r \end{pmatrix} & B_i & B_{i+1} \end{pmatrix}}{(a'_r R_i + a'_g G_i + a'_b B_i)(a'_r R_{i+1} + a'_g G_{i+1} + a'_b B_{i+1})}$$

где $a'_r = X_r + 15Y_r + 3Z_r$, $a'_g = X_g + 15Y_g + 3Z_g$, $a'_b = X_b + 15Y_b + 3Z_b$.

На рис. 1 представлены гистограммы распределения (p) модулей приращений координат цветности на XY -плоскости и на UV -плоскости. Гистограммы получены для единичных, но не одновременных приращений компонентов кодов основных цветов RGB . При моделировании использовался профиль средства отображения, заданный следующими параметрами: $X_r=0,478$; $X_g=0,299$; $X_b=0,175$; $Y_r=0,263$; $Y_g=0,650$; $Y_b=0,081$; $Z_r=0,020$; $Z_g=0,160$; $Z_b=0,908$.

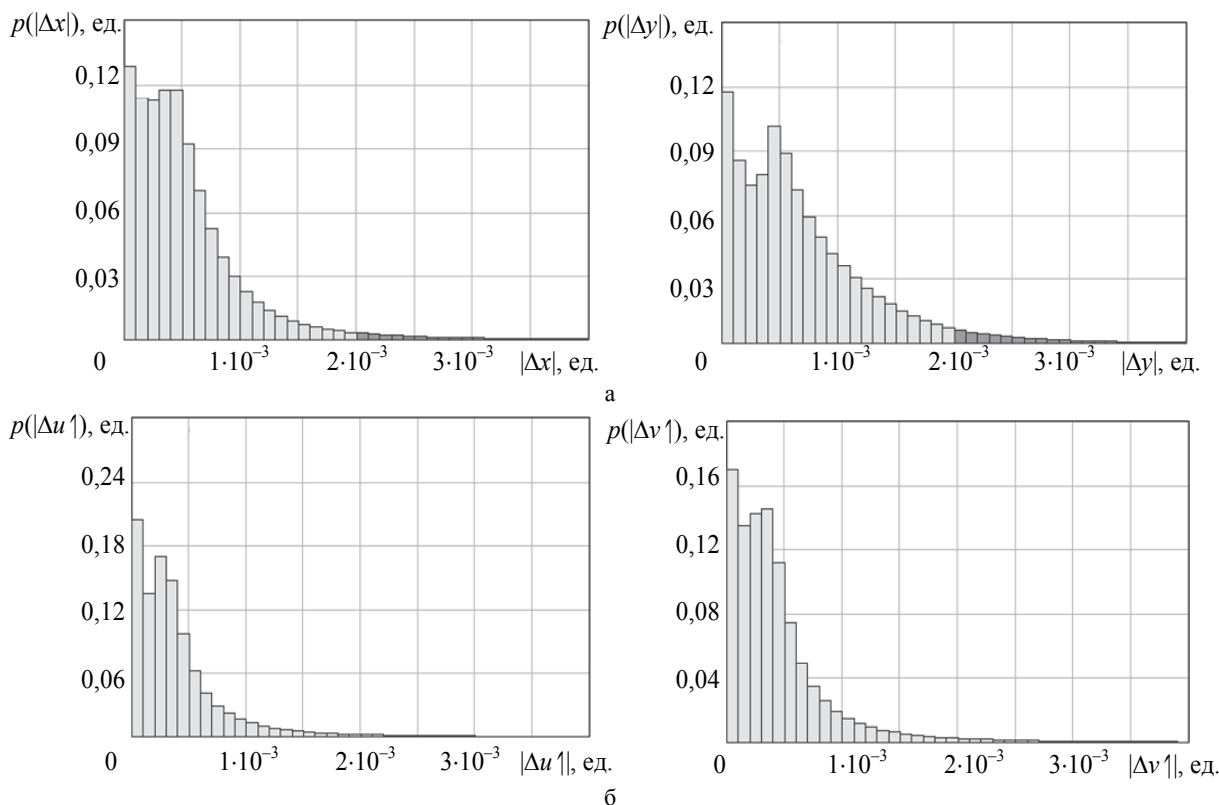


Рис. 1. Гистограммы распределения приращений координат цветности: на XY -плоскости (а); на UV -плоскости (б)

Анализ рис. 1 и выражений (5)–(6) показывает, что использование колориметрической измерительной аппаратуры с разрешающей способностью на уровне 0,002 ед. цветности позволяет выявлять единичные приращения кодов RGB лишь примерно в 5% случаев. Для повышения достоверности измерений, осуществляемых со средствами отображения информации, в которых цвет формируется трехком-

понтным способом [8–10], необходимо разрабатывать и использовать колориметры (спектрорадиометры) с разрешающей способностью на уровне не менее 0,00001 ед. цветности.

Характеристики различения координат цветности на XY - и UV -плоскости приведены на рис. 2. Характеристики представляют собой зависимости числа различимых измерительным прибором цветовых переходов от его разрешающей способности h . Характеристики получены для $h \in [0,0001...0,01]$ ед. и величины шага приращения кода RGB $\Delta = \Delta R = \Delta G = \Delta B$, выполняемого отдельно по каждому компоненту основного цвета, в диапазоне дискретных значений $[1...10]$. По оси ординат на рис. 2 отложены величины

$$\sum_i \tilde{N}_i^{\Delta x} / N^{\Delta x}, \sum_i \tilde{N}_i^{\Delta y} / N^{\Delta y}, \sum_i \tilde{N}_i^{\Delta u'} / N^{\Delta u'}, \sum_i \tilde{N}_i^{\Delta v'} / N^{\Delta v'}$$

$$\text{где } \tilde{N}_i^{\Delta x} = \begin{cases} 1, h \leq |\Delta x_i| < 1 \\ 0, 0 < |\Delta x_i| < h \end{cases}, \tilde{N}_i^{\Delta y} = \begin{cases} 1, h \leq |\Delta y_i| < 1 \\ 0, 0 < |\Delta y_i| < h \end{cases}, \tilde{N}_i^{\Delta u'} = \begin{cases} 1, h \leq |\Delta u'_i| < 1 \\ 0, 0 < |\Delta u'_i| < h \end{cases}, \tilde{N}_i^{\Delta v'} = \begin{cases} 1, h \leq |\Delta v'_i| < 1 \\ 0, 0 < |\Delta v'_i| < h \end{cases}$$

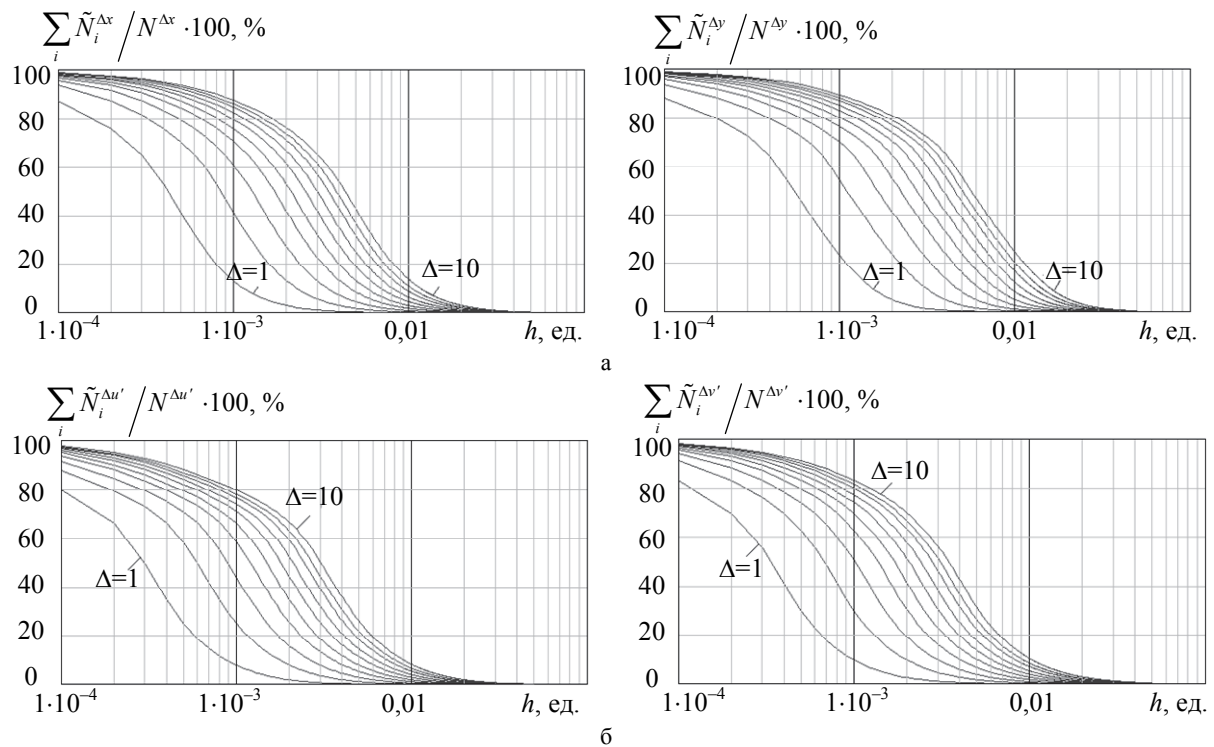


Рис. 2. Характеристики различения координат цветности: на XY -плоскости (а); на UV -плоскости (б)

Выражения (5)–(6) являются исходными для разработки новой методики преобразования, линеаризующей цветовое пространство XY , UV в пределах треугольника цветового охвата средства отображения. Линеаризация цветового пространства позволит вводить количественные меры цветовых различий, применяемые сегодня для колориметрических расчетов в цветовом пространстве Lab, также в пределах цветовых графиков на плоскостях XY , UV .

Характеристики, представленные на рис. 2, являются исходными данными для выбора метрологических параметров средства измерения, применяемого для колориметрических измерений с участием средств отображения информации.

References

1. Ibraheem N.A., Hasan M.M., Khan R.Z., Mishra P.K. Understanding color models: a review. *ARPJ Journal of science and technology*, 2012, vol. 2, no. 3, pp. 265–275.
2. Kwak Y., Lee S., Choe W., Kim C.-Y. Optimal chromaticities of the primaries for gamut 3-channel display. *Proceeding of SPIE*, 2005, vol. 5667, pp. 319–327. doi: 10.1117/12.587338
3. Gatchin Y.A., Zharinov I.O., Korobeynikov A.G., Zharinov O.O. Theoretical estimation of Grassmann's transformation resolution in avionics color coding systems. *Modern Applied Science*, 2015, vol. 9, no. 5, pp. 197–210. doi: 10.5539/mas.v9n5p197
4. Barber S., Dunbar L.L., Hardin D., Seah K.A. *Aeronautical Chart Display Apparatus and Method*. Patent US 7417641, 2008.
5. Zharinov I.O., Zharinov O.O., Kostishin M.O. The research of redundancy in avionics color palette for

- on-board indication equipment. *Proc. International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2015*. Omsk, Russian Federation, 2015, art. 7147313. doi: 10.1109/SIBCON.2015.7147313
6. Mang O.-Y., Huang T.-W., Hsieh Y.-F., Kuob Y.-T. Research of the chromaticity coordinates and color spectrum calibration using tristimulus sensors and eigenspectrum method. *Proceeding of SPIE*, 2009, vol. 7432, art. 743214. doi: 10.1117/12.826178
 7. Aleksanin S.A., Zharinov I.O., Korobeynikov A.G., Perezyabov O.A., Zharinov O.O. Evaluation of chromaticity coordinate shifts for visually perceived image in terms of exposure to external illuminance. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2015, vol. 10, no. 17, pp. 7494–7501.
 8. Rodriguez-Pardo C.E., Sharma G., Feng X.-F., Speigle J., Sezan I. Optimal gamut volume design for three primary and multiprimary display systems. *Proceeding of SPIE*, 2012, vol. 8292, art. 82920C.
 9. Zargaryants G.S., Mikhailov O.M. Integral remote colorimeter bases on the RGB colorimetric system. *Light and Engineering*, 2008, vol. 16, no. 3, pp. 69–77.
 10. Thomas J.-B., Hardeberg J.Y., Foucherot I., Gouton P. The PLVC display color characterization model revisited. *Color Research and Application*, 2008, vol. 33, no. 6, pp. 449–460. doi: 10.1002/col.20447

- Жаринов Игорь Олегович** – доктор технических наук, доцент, руководитель учебно-научного центра АО «ОКБ «Электроавтоматика», Санкт-Петербург, 198095, Российская Федерация, igor_rabota@pisem.net
- Жаринов Олег Олегович** – кандидат технических наук, доцент, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, 190000, Российская Федерация, zharinov73@hotmail.ru
- Igor O. Zharinov** – D.Sc., Associate professor, Chief of Learning Scientific Center, SPb Scientific Design Bureau “Electroavtomatika” n.a. P. A. Efimov, Saint Petersburg, 198095, Russian Federation, igor_rabota@pisem.net
- Oleg O. Zharinov** – PhD, Associate professor, Associate professor, Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint Petersburg, 190000, Russian Federation, zharinov73@hotmail.ru