

## Алгоритъм за измерване на корелираната цветната температура на светлината с помощта на web камера

Методи Димитров

*Algorithm of light correlated color temperature measurment using web camera: Color temperature is important light component. It has influence over human physiology and the quality of the work. Current article presents an algorithm for estimation of color temperature using web camera.*

**Key words:** correlated colour temperature, camera color measurement, image retrieval, RGB to Kelvin

### ВЪВЕДЕНИЕ

Един от най-важните показатели при изкуственото осветление е цветната температура. Смесването на естественото и изкуственото осветление е от значителна важност, както за здравето и комфорта на използващите го, така и за подобряване на ефективността и производителността на извършваната работа. Смесването на естествено и изкуствено осветление с различна цветна температура влияе в голяма степен и на цветопрераждането.

В последните няколко години компютрната техника се разви изключително бързо. Изчислителна мощ на компютрите нарастна много и това даде предпоставка те да бъдат внедрени в почти всяка човешка дейност. Днес повечето устройства или дейности, направени или изпълнени от човека са с компютърно управление.

С навлизането на компютрите в осветителната техника сложни светлотехнически изчисления биват пресмятани с лекота. Това дава възможност на светлинните уредби да станат гъвкави, многофункционални, икономични, а в някои случаи - дори интелигентни.

Измерването и контрола на цветната температура чрез компютър с помощта на web камера е може би един от най-подходящите методи, тъй като не изисква конструиране или използване на датчици, или допълнително програмиране на драйвери, управляващи потока на информация между датчика и компютъра.

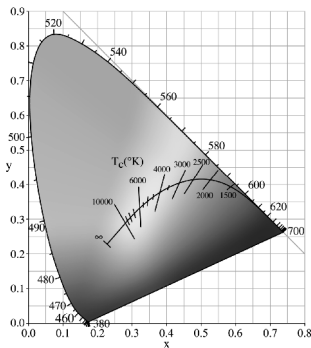
Настоящата статия представя метод за измерване на цветната температура с помощта на web камера. Процесът се състои от три основни стъпки. В първата стъпка се събират данни, като се прави измерване на цвета на светлината с помощта на web камера. Във втора стъпка се пресмята средната стойност на цвета на събраните данни и се премахват пикселите, имащи ниско влияние при определянето на цвета на светлината. В третата стъпка се прави пресмятане на корелираната цветната температура.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

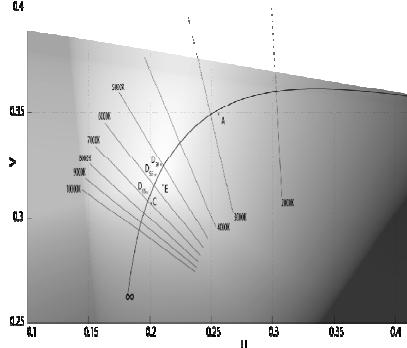
Цветната температура представлява цвета на светлината, излъчвана от абсолютно черно тяло, нагрято до определена температура. Цветът на излъчената температура зависи единствено от температурата, до която е нагрято черното тяло. Тази закономерност е дефинирана от Планк [8] (Локусът на планк). Двете закономерности се използват в текущо описаният алгоритъм. На фиг. 1 е показано цветното пространство на CIE от 1931 г., а на фиг. 2 е показано цветното пространство на CIE от 1960 г.

Използването на web камерата всъщност предоставя изображение, върху което по-нататък се правят някакви манипулации, с цел определяне на цветната му температура. Измерването на цветната температура на това изображение в по-голяма или в по-малка степен би показало цвета на заснетите обекти вместо реалният цвят на светлината. Именно поради тази причина пред самата камера се

поставя неутрален смесител. По този начин web камерата вместо обекти показва реалният цвят на светлината (цветната и температура).



фиг. 1. CIE 1931 цветно пространство, показващо цвета на излъчване на черно тяло при различни температури (Локусът на Планк)



фиг. 2. CIE 1960 цветно пространство, показващо цвета на излъчване на черно тяло при различни температури (Локусът на Планк)

При изчисляване на цветната температура с помощта на web камера се спазват следните стъпки:

1. Прочитане на изображението от web камерата. В края на тази стъпка постъпващата светлина е превърната в двумерен масив от пиксели (масивът RGB). Във всяка една от клетките на масива се пазят данни съответно за червения, синия и зеления цвят – RGB цветови координати.

2. Корекция на пикселите. Поставеният пред камерата смесител има коефициент на пропускане на светлината  $k_n$  ( $k_n$  има стойност от 0% до 100%). Корекцията се извършва по формула (1).

$$R(i, j) = \frac{R(i, j)}{k_n} \quad (1)$$

Формулата показва пресмятанията само за червените пиксели. Пресмятанията за сините и зелените пиксели се правят по аналогичен начин.

В края на тази стъпка интензивността на всеки от пикселите е показана така, че да се неутрализира ефекта от смесителя.

3. Линеаризиране. Пикселите в масива се преобразуват в стандартно линейно цветно пространство sRGB ( $RGB \rightarrow sRGB$ ) [5] по формула (2). Във формулата (2) са показани пресмятанията само за червения цвят. Пресмятанията за синия и зеления цвят се правят по аналогичен начин. Индексите  $i$  и  $j$  показват съответният ред и колона в двумерния масив от пиксели.

$$R_{sRGB}(i, j) = \begin{cases} \frac{R(i, j)}{255 * 12,92} & R(i, j) < 0,03928 * 255 \\ \left[ \frac{\frac{R(i, j)}{255} + 0,055}{1,055} \right]^{2,4} & R(i, j) \geq 0,03928 * 255 \end{cases} \quad (2)$$

Получените след линеаризирането цветови координати са в интервала [0,1].

4. Пиксели се преобразуват в XYZ цветно пространство (sRGB → XYZ) чрез умножение с преобразуващата матрица M.

$$\begin{bmatrix} X(i, j) \\ Y(i, j) \\ Z(i, j) \end{bmatrix} = M \times \begin{bmatrix} R(i, j) \\ G(i, j) \\ B(i, j) \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$$\text{където } M = \begin{bmatrix} 0,4124 & 0,3576 & 0,1805 \\ 0,2126 & 0,7152 & 0,0722 \\ 0,0193 & 0,1192 & 0,9505 \end{bmatrix}$$

5. Черните пиксели и тези, които са почти черни допринасят съвсем малко за определянето на цветната температура на светлината, затова тези пиксели се пропускат при изчисленията. За маркиране на пропуснатите пиксели се създава двумерният масив p. Той има размерността на масива RGB. Всяка една клетка от масива съдържа стойност 0 или 1. Ако стойността на клетката p(i,j) е 0, тогава съответстващия пиксел RGB(i,j) не се използва при по нататъшните изчисления и се пренебрегва при пресмятането на цветната температура.

T<sub>ст</sub> е стъпалото, определящо кои пиксели биват пренебрегвани при по-нататъшните действия и кои не. Обикновено стойността му е 5% [5] от максималната за всеки компонент. Само компонентът Y се използва за попълването на масива p:

$$p(i, j) = \begin{cases} 0, & Y(i, j) < T_{ст} \\ 1, & Y(i, j) \geq T_{ст} \end{cases} \quad (4)$$

6. Намиране на усреднените стойности на оцелелите пиксели. Усредняването се прави по формулите (5), (6) и (7).

$$X_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{\text{ред колона}} \sum_{j=1}^{\text{ред колона}} X(i, j)}{n} \quad (5)$$

$$Y_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{\text{ред колона}} \sum_{j=1}^{\text{ред колона}} Y(i, j)}{n} \quad (6)$$

$$Z_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{\text{ред колона}} \sum_{j=1}^{\text{ред колона}} Z(i, j)}{n}, \quad (7)$$

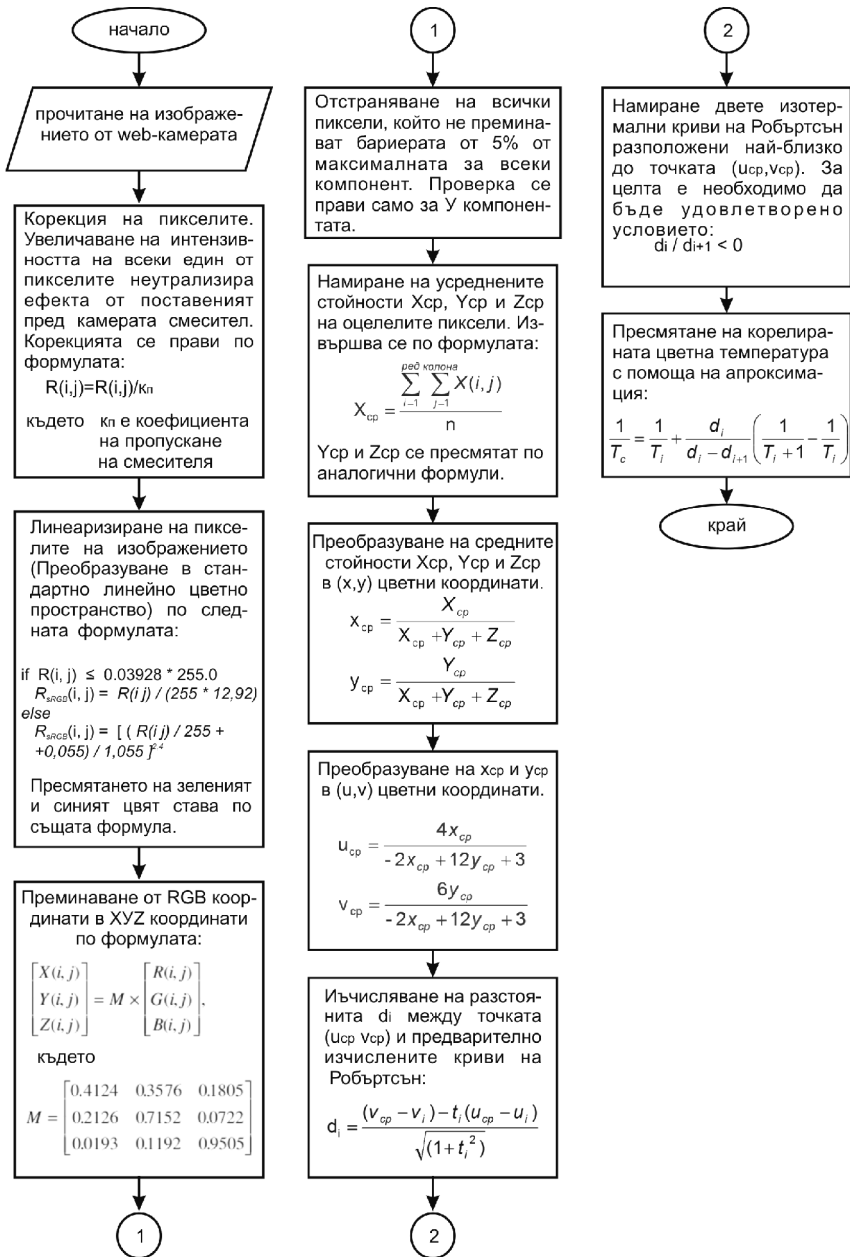
където n е броят пиксели, за които p(i,j) = 1.

В пресмятането на X<sub>cp</sub>, Y<sub>cp</sub> и Z<sub>cp</sub> участват само тези пиксели, чиито съответстваща стойност p(i,j) е 1. Това означава, че при сумирането на пикселите за i = 1..ред и за j = 1..колона в уравнения (5), (6) и (7), някои от пикселите ще бъдат пропуснати.

7. Преобразуване на средните стойности X<sub>cp</sub>, Y<sub>cp</sub> и Z<sub>cp</sub> в (x,y) цветни координати. Преобразуването става по формулите (8) и (9).

$$x_{cp} = \frac{X_{cp}}{X_{cp} + Y_{cp} + Z_{cp}} \quad (8)$$

$$y_{cp} = \frac{Y_{cp}}{X_{cp} + Y_{cp} + Z_{cp}} \quad (9)$$



Фиг.3 Алгоритъм за измерване на корелираната цветната температура с помощта на web камера

$x_{cp}$  и  $u_{cp}$  представляват стойности в трилинейно (трикоординатно) цветно пространство. В такова пространство  $x_{cp} + y_{cp} + z_{cp} = 1$ , затова за определянето на всеки от цветовете са необходими само две от координатите, а третата няма нужда да се изчислява.

8. Преобразуване на  $x_{cp}$  и  $u_{cp}$  в  $(u, v)$  координати. Според CIE преобразуването се прави по формулите (10) и (11) и е необходимо за определянето на цветната температура.

$$u_{cp} = \frac{4x_{cp}}{-2x_{cp} + 12y_{cp} + 3} \quad (10)$$

$$v_{cp} = \frac{6y_{cp}}{-2x_{cp} + 12y_{cp} + 3} \quad (11)$$

9. Намиране на корелираната цветната температура по алгоритъмът на Робъртсън. За намирането на цветната температура е необходимо да се открие линията, перпендикулярна на локусът на Планк, пресичаща точката  $(u_{cp}, v_{cp})$ . Тази линия се нарича изотермална. Всички точки, лежащи на тази крива имат една и съща цветна температура (корелирана цветна температура). Откриването на тази линия може да стане с помощта на алгоритъмът на Робъртсън [8], който дава информация в табличен вид за 31 предварително пресметнати изотермални криви, разпределени равномерно в интервала от 1667 K до 100000 K. За всяка една от тях са дадени 4 параметъра: цветната им температура  $T$ , стойностите  $(u, v)$  върху локусът за всяка точка и тангенса  $t_i$  на ъгъла на наклона (градиента) на изотермалната крива спрямо хоризонталата в точката на пресичане на локусът.

9.1. Намиране на разстоянието  $d$  между точката  $(u_{cp}, v_{cp})$  и всяка една от изотермалните линии на Робъртсън.

$$d_i = \frac{(v_{cp} - v_i) - t_i(u_{cp} - u_i)}{\sqrt{(1 + t_i^2)}} \quad (12)$$

9.2. Намиране на двете изотермални криви на Робъртсън, най-близко разположени до точката  $(u_{cp}, v_{cp})$ . За целта е необходимо да се намери такова съотношение между  $d_i$  и  $d_{i+1}$ , за което е изпълнено условието:  $d_i / d_{i+1} < 0$ .

9.3. Намиране на корелираната цветна температура  $T_c$ , чрез апроксимация. Пресмятането става по формула (13).

$$\frac{1}{T_c} = \frac{1}{T_i} + \frac{d_i}{d_i - d_{i+1}} \left( \frac{1}{T_i + 1} - \frac{1}{T_i} \right) \quad (13)$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основните резултати, съдържащи се в настоящата работа, се състоят в следното:

1. В статията е представен алгоритъм за измерване на корелираната цветната температура на светлината с помощта на web камера. Същественото при този метод е, че той се реализира със стандартни средства.

2. Алгоритъмът е програмно реализиран в система за управление на ОУ. Управлението се извършва съобразно с цветността на дневната естествена светлина.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

[1] Borbely A., Samson A., and Schanda J., The concept of correlated temperature revised., Colour Res. Appl. 26, No 6 (2001).

[2] Kim S.K. and Park D.S., Proposal for colour temperature descriptor for image description., ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 M6966, (2001).

[3] Kim S.K. and Park D.S., .Report of VCE-6 on MPEG-7 colour temperature browsing descriptors., ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 M7265, (2001).

[4] Petrow A.P., Kim C.Y., Kweon I.S., and Seo Y.S., Perceived illumination measured., Colour Res. Appl. 23, No 3 (1998).

[5] Stokes M., Anderson M., Chandrasekar S., and Motta R., A standard default colour space for the internet . sRGB., Version 1.10, (1996).

[7] Wnukowicz K. and Skarbek W., Colour temperature estimation algorithm for digital images - properties and convergence, Opto-Electron. Rev., 11, no. 3, 2003

[8] Wyszecki G. and Stiles W.S., Colour Science Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae, (2nd Edition), A Wiley-Interscience Publication, 1982.

#### **За контакти:**

маг. инж. Методи Димитров, Катедра "Информатика и информационни технологии", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082 888 470, e-mail: [mdimitrov@uni-ruse.bg](mailto:mdimitrov@uni-ruse.bg)

**Докладът е рецензиран.**