

## References

1. Maslov O.N. *Environmental Risk and Electromagnetic Safety*. Moscow: IRIAS, 2004, 330 p. (In Russian.)
2. Davydov B.I., Tihonchuk V.S., Antipov V.V. *Biological Action, Regulation and Protection against Electromagnetic Radiation*. Moscow: Energoatomizdat, 1984, 176 p. (In Russian.)
3. *Sanitary and Epidemiological Requirements for Physical Factors in the Workplace. Sanpin 2.2.4.3359-16*. Moscow: Rospotrebnadzor, 2016, 72 p. (In Russian.)
4. Maslov O.N. *Leakage of Confidential Information through Random Antennas*. St. Petersburg: ID «Afina», 2018, 76 p. (In Russian.)
5. Maslov O.N. Principles of modeling information protection systems against leakage through random antennas. *Spetsial'naja tehnika*, 2016, no. 6, pp. 45–55. (In Russian.)
6. Zasedateleva P.S., Maslov O.N., Rjabushkin A.V. Information protection of distributed random antennas using nonlinear converters. *Nelinejnyj mir*, 2014, vol. 12, no. 12, pp. 31–41. (In Russian.)
7. Zasedateleva P.S., Maslov O.N. Electromagnetic safety of active information protection systems. *Biomeditsinskaja radioelektronika*, 2013, no. 6, pp. 22–38. (In Russian.)
8. Maslov O.N. Electromagnetic safety of workstations equipped with active information protection means. *Radiotekhnika i elektronika*, 2018, vol. 63, no. 2, pp. 182–192. (In Russian.)
9. *ISO/IEC Guide 98-1:2009. Uncertainty of measurement. Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement. Part 3. Guide to the expression of uncertainty in measurement*. Moscow: Standartinform, 2012. (In Russian.)
10. Maslov O.N., Frolova M.A. Internet of things: Electromagnetic safety of picocell technologies. *Biomeditsinskaja radioelektronika*, 2017, no. 11, pp. 18–29. (In Russian.)

Received 20.06.2020

## ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

УДК 535.65.083.6

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДЛИННОСТИ ДОКУМЕНТА

Ложкин Л.Д., Вороной А.А., Солдатов А.А., Кузьменко А.А., Трифонова Л.Н.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ

E-mail: leon.lozhkin@yandex.ru

Известно, что цвет штриха шариковой ручки в течение времени меняется (выцветает), а это значит, что по изменению цвета штриха можно определить возраст данного штриха, а значит, и подлинность документа. Можно отметить, что применение метода объективной колориметрии широко распространено при проведении таких экспертиз. На практике обычно применяют спектральный метод определения координат цвета и цветности. Этот метод обладает высокой точностью измерения, но напрямую данный метод применять нельзя. Этот факт связан с апертурой исследуемого излучения и входной щелью спектрального прибора. Поэтому на практике применяют растворы красителя штриха в бесцветных растворителях, что вызывает другие трудности. В данной статье приведено описание несколько другого метода определения цветовых координат, основанного на методе компьютерной колориметрии. Этот метод позволяет решать поставленную задачу.

**Ключевые слова:** экран монитора компьютера, компьютерная колориметрия, координаты цветности, основные цвета, треугольник цветового охвата экрана, VisualStudio 2017, цветовой locus

### Введение

В настоящее время существуют в основном два направления в области колориметрии, то есть в области техники измерения цвета. Первое направление является наиболее простым, но в то же время, к сожалению, менее точным. Это направ-

ление колориметрии предполагает метод измерения координат цвета и цветности с помощью прибора, в котором сквозные спектральные характеристики «свет – сигнал» совпадают с кривыми сложения цветов, и от точности этого совпадения и зависит погрешность измерения координат цвета, а как следствие – координат цветности.

Остановимся на определении погрешности измерения. В настоящее время не существует эталонов цветов, поэтому об абсолютной точности измерения речи быть не может. Международным комитетом по освещению (МКО) введено понятие «стандартный наблюдатель», который может различать два цвета, координаты цветности которых могут отличаться не более 0,0038 на цветовой диаграмме МКО 1960 ( $u, v$ ), или 0,0057 в МКО 1931( $x, y$ ), что составляет один порог цветоразличения по Мак Адаму [1]. Это очень малая величина.

В соответствии с этим погрешностью измерения координат цветности будем считать разброс результатов многократных измерений одного и того источника излучения (отражения). Согласно литературным данным, повторяемость результатов многократных измерений координат цветности обычным трехцветным колориметром составляет не хуже 0,05 по  $x$  и  $y$ , то есть меньше 10 порогов Мак Адама, что весьма много для нужных нам измерений.

Вторым направлением в вопросах колориметрии является спектральный метод (в литературе его называют «косвенная колориметрия»). Суть этого метода заключается в следующем. При помощи спектрального прибора (спектрографа) исследуемое излучение разлагается в спектр по длинам волн и с помощью фотопреобразователя (фотоумножителя или любого другого чувствительного элемента) оптический сигнал преобразовывается в электрический. Измеряя величину электрического сигнала (ордината спектра), можно измерить весь спектр с определенным шагом по длинам волн. На погрешность измерения спектра здесь будут влиять погрешность градуировки по длинам волн, линейность динамической характеристики «свет – сигнал» и другие параметры. Безусловно, этот процесс длительный и трудоемкий, поэтому не всегда удобен в применении. В свое время (1975–76 гг.) была достигнута повторяемость измерений координат цветности порядка 0,001 по  $x$  и  $y$ , что составляет менее 0,2 порога Мак Адама [2]. Для ускорения процесса измерения ординат спектра в качестве фотоприемника в настоящее время стали применять линейки прибора с зарядовой связью, которую устанавливают в место выходной щели спектрального прибора, что значительно уменьшает время измерения всего оптического спектра. Но проблема измерения не самосветящегося (отраженного) излучения остается (уменьшается отношение «сигнал/шум»).

От этого недостатка свободен метод, который был назван «компьютерная колориметрия».

Суть этого метода заключается в предварительном фотографировании объекта при помощи цветной цифровой фотокамеры. Полученный электронный снимок объекта передается в компьютер. Если объект расположен на листе бумаги, то можно обойти процесс фотографирования, а сразу сканировать и передать как рисунок в компьютер. С помощью специальной программы можно произвести «измерение» координат цвета и цветности, причем в любой на выбор колориметрической системе. Конечно, и в такой системе измерений есть факторы, влияющие на точность (повторяемость) результатов измерений. Далее мы более подробно рассмотрим вопросы компьютерной колориметрии.

### **Некоторые важные сведения из теории колориметрии**

Как показывает практика, многие исследователи при проведении спектральных измерений не учитывают спектральную характеристику чувствительности фотопреобразователя измерительного прибора. Она, конечно, не определяется прямой линией, параллельной оси длин волн, а является некой криволинейной функцией, и, как правило, «красный» диапазон этой характеристики «поднят» по отношению к «синей» и «зеленой» областям оптического спектра. Как следствие этого, измеренные и рассчитанные координаты цвета и цветности сдвинуты в «желто-красную» область цветового локуса, что является грубейшей ошибкой спектральных измерений. Для устранения данной ошибки необходимо сделать следующее.

1. Измерить с помощью спектрального прибора оптический спектр излучения абсолютно черного тела, разогретого до определенной температуры. В качестве практического абсолютно черного тела используют стандартный источник «А», имеющий температуру нити накаливания 2854 °С. При этом питание источника осуществляется стабилизированным напряжением величиной, определяемой паспортными данными источника «А».

2. Вычислить по формуле Планка значения интенсивности излучения абсолютно черного тела для значений длин волн, при которых производилось измерение источника «А».

3. Поправочный коэффициент, который скорректирует спектральную характеристику фотоприемника спектрального прибора, определяется как отношение вычисленного значения излучения по формуле Планка к измеренному спектру стандартного источника «А». Далее вычисленный

поправочный коэффициент применяется как множитель во всех спектральных измерениях любых излучений.

Другой недостаток спектрального метода определения цветовых координат штриха шариковой ручки заключается в том, что практически невозможно измерить оптический спектр штриха. Для этого необходимо, во-первых, осветить исследуемый штрих любым стандартным источником, но имеющим непрерывный спектр излучения; во-вторых, так подать излучения штриха во входную щель спектрографа, чтобы посторонних излучений (например, излучения фона (чистой бумаги) не присутствовало, что практически невыполнимо. Поэтому для спектральных измерений цвета штриха приходится делать вырезки из исследуемого документа, и эти вырезки растворять в бесцветных растворителях. Поскольку в процессе экспертизы необходимо делать несколько подобных вырезков, то вопрос постоянства концентрации раствора остается проблемой.

Применение спектрального метода при экспертизе подлинности документа (определении его истинного возраста) чревато и следующими факторами: целостностью предъявляемого для исследования документа и колебаниями цветовых координат, вызванными нестабильностью концентраций растворов штриха шариковой ручки.

Последний аргумент против спектрального метода при измерении цветовых координат состоит в том, что здесь мы измеряем оптический спектр не самосветящихся объектов излучения, а спектр (в случае раствора) оптического излучения источника света, прошедшего через раствор. Как правило, при этом используются сравнительно дешевые спектрофотометры – тогда на выходе фотоэлектронного преобразователя будет достаточно малое значение отношения «сигнал/шум». Отсюда и малая повторяемость результатов измерения оптических спектров.

Измеренные спектры пересчитываются, как правило, в стандартную колориметрическую систему МКО 1931 г. (XYZ). Это вызвано тем, что большую доступность получили кривые сложения  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$ . Далее покажем, какую из известных колориметрических систем для поставленной задачи предпочтительнее применять.

### Использование колориметрических систем для задач экспертизы подлинности документа

Не менее важным для решения поставленной задачи является выбор стандартной колориметрической системы. Как уже упоминалось, после

измерения оптического спектра и используя известные формулы (1) мы получаем координаты цвета:

$$\begin{aligned} X &= \int_{380}^{780} J(\lambda)k(\lambda)\bar{x}(\lambda)d\lambda; \\ Y &= \int_{380}^{780} J(\lambda)k(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda; \\ Z &= \int_{380}^{780} J(\lambda)k(\lambda)\bar{z}(\lambda)d\lambda. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $J(\lambda)$  – ординаты измеренного оптического спектра по длинам волн  $\lambda$ ;  $k(\lambda)$  – корректирующий коэффициент;  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$  – кривые сложения МКО 1931 г. (XYZ).

При практических вычислениях координат цвета  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  по формулам (2) в формуле (1) определенные интегралы заменяют суммами. Согласно (1), координаты цвета являются линейными функциями относительно измеренных ординат спектра, тогда как координаты цветности, выражаемые (2), уже выражаются нелинейными функциями:

$$\begin{aligned} x &= \frac{X}{X+Y+Z}; \\ y &= \frac{Y}{X+Y+Z}; \\ z &= \frac{Z}{X+Y+Z}. \end{aligned} \quad (2)$$

Рассмотрим еще две колориметрические системы МКО, которые также получили широкое распространение. К этим системам относят равноконтрастную систему МКО 1960 г. ( $u$ ,  $v$ ,  $w$ ), координаты цветности в которой выражаются формулами:

$$\begin{aligned} u &= \frac{4X}{X+15Y+3Z} = \frac{2x}{6y-x+1,5}; \\ v &= \frac{6Y}{X+15Y+2Z} = \frac{3y}{6y-x+1,5}. \end{aligned} \quad (3)$$

Как видно из (2)–(3), координаты цветности  $u$  и  $v$  определяются из координат МКО 1931 г. (XYZ) и являются нелинейными функциями от этих координат. Координата  $w$  определяется из условия  $u+v+w=1$ .

Наибольшее распространение в настоящее время получила колориметрическая система координат цвета МКО 1976 г. Lab. На этой системе остановимся более подробно. Координаты цвета в системе Lab определяются через следующие параметры:  $L^*$  – яркость (в пределах от 0 до 100);  $a^*$  и  $b^*$  – координаты цвета;  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$  – координаты цвета опорного белого (обычно стандартный источник D6500) по выражениям вида

$$\begin{aligned}
 L^* &= 116 \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} - 16; \\
 a^* &= 500 \left( \sqrt[3]{\frac{X}{X_0}} - \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} \right); \\
 b^* &= 200 \left( \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} - \sqrt[3]{\frac{Z}{Z_0}} \right).
 \end{aligned} \quad (4)$$

Как видно из (4), нелинейность координат цвета в данной системе выражена ярче, но, помимо этого, данная колориметрическая система не является непрерывной функцией, а имеет точки разрыва, которые определяются следующими ограничениями:

$$\begin{aligned}
 - \text{если } X/X_0 \leq \varepsilon, \text{ то } \sqrt[3]{\frac{X}{X_0}} &= \frac{k \left( \frac{X}{X_0} \right) + 16}{116}, \\
 - \text{если } Y/Y_0 \leq \varepsilon, \text{ то } \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} &= \frac{k \left( \frac{Y}{Y_0} \right) + 16}{116}, \\
 - \text{если } Z/Z_0 \leq \varepsilon, \text{ то } \sqrt[3]{\frac{Z}{Z_0}} &= \frac{k \left( \frac{Z}{Z_0} \right) + 16}{116},
 \end{aligned}$$

где  $\varepsilon = 216/24389$  и  $k = 24389/27$ .

График функции  $T = f(dE)$ , где  $T$  – возраст, а  $dE$  – цветовая разность образцов, полученная в зависимости от времени, имеет вид гиперболы, что объясняется большой нелинейностью координат цвета относительно координат МКО 1931 г. (XYZ). Гиперболическая зависимость не обеспечивает яркую однозначность полученных результатов, и этот фактор в сильной степени ограничивает применение данной системы. Да и существующий излом в координатной системе не говорит в пользу применения указанной системы.

Есть еще один фактор, выступающий, но уже в пользу системы Lab, – это большая «чувствительность» к порогу цветоразличения. Поясним это следующим образом. Известно, что величина цветоразличения (порог цветоразличения по Мак Адаму) в системе МКО 1960 г. ( $u, v$ ) равен 0,0038, в системе МКО ( $x, y$ ) эта величина – 0,0057, а вот в Lab порог цветоразличения – 3,0624. Доказательство чрезмерно большой чувствительности системы Lab выглядит следующим образом.

Согласно (4), ось абсцисс (координата  $a^*$ ) может принимать значения от 0 до 500, тогда число точек, разделенных величиной порога цветоразличения, составит примерно 163, а с учетом того, что координаты  $a^*$  могут принимать отрицательные значения, число точек увеличится в два раза.

Для сравнения: в системе МКО 1960 г. этот параметр равен 157; в системе МКО 1931 г. (XYZ) – 140. Примерно то же можно сказать о другой координате для указанных систем.

В [3–5] приведено описание строго равно-контрастного цветового пространства, однако в этом случае используется достаточно сложный математический аппарат: применены геометрия Римана и система переменного репера. Исследование линейности функции  $T = f(dE)$  не проводилось, это целесообразно сделать в дальнейшем.

В следующем разделе приведем описание метода определения цветовых параметров, при котором отпадает необходимость физического (может, и частичного) нарушения целостности исследуемых документов при определении их возраста.

### Компьютерная колориметрия

К объективным методам измерения цвета относится спектральный метод измерения координат цвета и цветности, относящийся к косвенной колориметрии [2; 6]. Данный метод имеет высокую точность измерения (порядка 0,2 порога Мак Адама [2]) и большую повторяемость результатов при многократных измерениях одного и того же объекта.

Основные направления развития теории компьютерного зрения обусловлены, с одной стороны, построением общей модели когнитивного визуального процесса, а с другой – разработкой алгоритмов решения различных некорректных задач распознавания зрительных образов [8]. В основу компьютерной колориметрии положен программный комплекс [7], упрощенный алгоритм работы которого показан на рисунке 1. Из вышесказанного следует, что практическая реализация метода компьютерной колориметрии заключается в алгоритме и математическом обосновании метода.

Методы пороговой сегментации изображения по яркости известны и достаточно хорошо разработаны [9; 10]. При применении традиционных методов исследования материалов рукописного письма, обладающих визуально сходными цветовыми характеристиками, эксперт может неправильно интерпретировать полученные результаты [11–13], в то время как количественная инструментальная оценка цветовой разницы позволяет сделать экспертное заключение объективным.

Рассмотрим более подробно алгоритм предлагаемой программы. После ее загрузки в память компьютера предполагается ручной ввод служебной информации, которая однозначно ин-



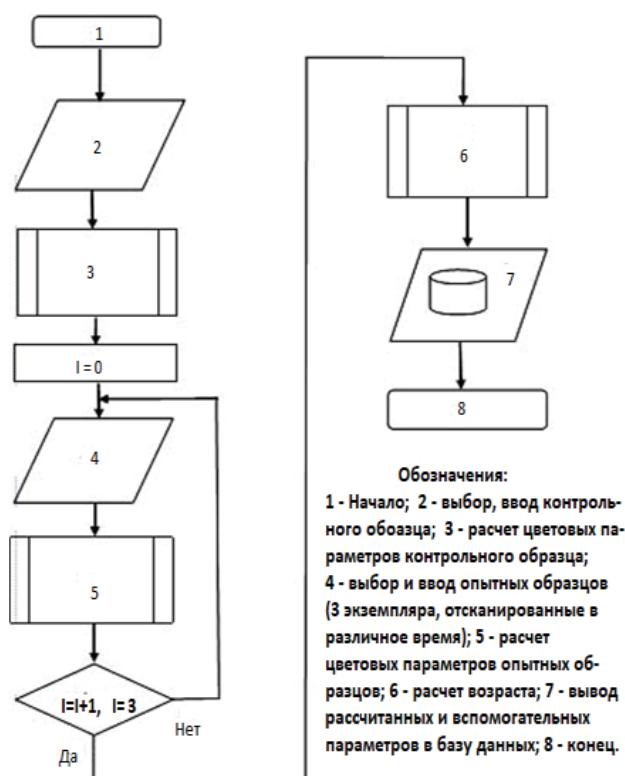


Рисунок 1. Упрощенный алгоритм программы по определению подленности документа

идентифицирует исследуемый документ (это необходимо для идентификации документа в базе данных, о чем будет сказано далее). Затем предлагается найти и ввести «контрольный штрих», который наносится на лист бумаги и сканируется непосредственно перед началом обработки.

Благодаря наличию удобного пользовательского интерфейса, поиск и выбор конкретного файла, в данном случае «конкретного контрольного штриха», производится очень легко. При этом на экране компьютера появляется дополнительное окно, где отображаются все диски компьютера, любой из которых пользователь может открыть, после чего перед ним появятся папки данного диска. Далее открывается конкретная папка – и так далее, пока не будет найден конкретный файл. После выделения он загружается в программу – на рисунке 1 это блок 2.

Несколько слов о «контрольном штрихе». Очевидно, что он должен быть нанесен на бумагу такой же ручкой, что и исходный документ, поскольку цвет «контрольного штриха» и цвет штриха на документе, когда он только что подписан, должен быть одинаковым. Вопрос отождествления типа пасты, заправленной в шариковые авторучки, в данной статье не рассматривается, хотя вопрос это интересный: насколько нам из-

```
Dim col1 As Color = GetColor(PictureBox1, i, j)
ER = col1.R
EG = col1.G
EB = col1.B
```

Рисунок 2. Текст блока программного кода для определения количества основных цветов пикселя изображения с координатами  $i, j$

вестно, практические специалисты, работающие над определением возраста документа, с этой задачей в той или иной степени справляются.

Далее с помощью кнопки «Расчет», которая к этому времени должна появиться в окне программы, производятся расчет цветочных параметров фона (это, как правило, чистая белая область бумаги, на которой изображен «контрольный штрих») и определение цветочных параметров самого штриха. Поскольку программа должна определить количества основных цветов экрана, то для перехода в колориметрическую систему МКО 1931 г. (XYZ) необходимо знать координаты цветности основных цветов.

Программа написана в системе VISUALSTUDIO 2017 на языке программирования VisualBasic 2010, процедура определения количества основных цветов в каждом пикселе изображения определяется в соответствии с рисунком 2.

Образовав двойной цикл по  $i$  и  $j$  от нуля до ширины и высоты, соответственно, окна, в котором располагается выбранный рисунок «контрольного штриха», с учетом координат основных цветов экрана можно вычислить координаты цвета фона и самого штриха по формулам вида

$$\begin{aligned} X &= x_R + x_G + x_B; \\ Y &= y_R + y_G + y_B; \\ Z &= z_R + z_G + z_B. \end{aligned} \quad (5)$$

За фон принимается точка с координатами  $i = 0$  и  $j = 0$ , – все это относится к блоку 3 рисунка 1.

Для ввода и расчета цветочных параметров «опытных штрихов» (блоки 4 и 5 на рисунке 1) повторяется то же самое, что и для «контрольного штриха», с разницей в том, что производятся ввод и расчет для трех экземпляров «опытного штриха», полученных с некоторыми интервалами по времени (8–15 суток). Для этого в алгоритм введен счетчик числа обработанных экземпляров  $I [0; 3]$ .

Сделаем важное замечание. Очевидно, что после сканирования в определенное время цветочные характеристики штриха будут зафиксированы на данный момент времени, времени сканирования, в запись на жесткий диск компьютера.



Рисунок 3. Состояние экрана компьютера после обработки «контрольного штриха»

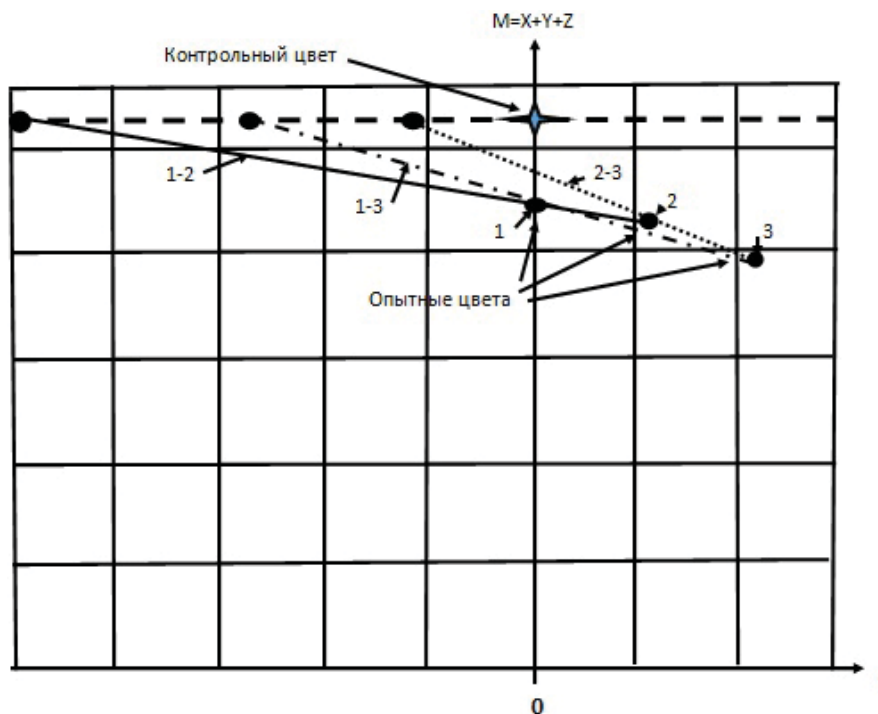


Рисунок 4. К определению возраста документа (рисунок имеет иллюстративный характер)

На рисунке 3 показано окно программы, в котором производится приведенное описание.

Процесс вычисления возраста документа, осуществляется методом нахождения координат точки пересечения двух прямых. Рисунок 4 иллюстрирует суть данного метода. По горизонтальной оси отложено время – положительная полуось совпадает с интервалами обработки «опытных штрихов», а отрицательная часть показывает, когда «опытный штрих» имел те же цветовые параметры, что и «контрольный штрих», обработанный в нулевой момент времени (почти

нулевой, хотя между нанесением штриха, а затем его сканированием проходит время, поскольку оно не превышает нескольких минут, им можно пренебречь.

По вертикальной оси на рисунке 4 отображается значение  $M = X + Y + Z$ , которое называется модулем цвета в колориметрической системе МКО 1931 г. (XYZ). Весь этот процесс выполняется блоком 6 на рисунке 1.

Конечные результаты расчетов помещаются в базу данных, фрагмент которой представлен на

Наименование объекта					
Наименование экспертизы					
Дата анализа	Цвет фона (X)	Цвет фона (Y)	Цвет фона (Z)	Цвет артефакта (контрольный) (X)	Цвет артефакта (контрольный) (Y)
01.08.2019	275,4	252,45	237,15	7,63	3,57
Цвет артефакта (контрольный) (Z)		Интервал времени (контрольный)		Цвет артефакта (опытный 1) (X)	
16,8		0,00		4,5	
Цвет артефакта (опытный 1) (Y)		Цвет артефакта (опытный 1) (Z)		Интервал времени 1 (опытный)	
1,8		23,7		0	
Цвет артефакта (опытный 2) (X)		Цвет артефакта (опытный 2) (Y)		Цвет артефакта (опытный 2) (Z)	
1,95		0,3		5,75	
Интервал времени 2 (опытный)		Цвет артефакта (опытный 3) (X)		Цвет артефакта (опытный 3) (Y)	
10		1,74		0,75	
Цвет артефакта (опытный 3) (Z)		Интервал времени 3 (опытный)		Возраст 1	
5,56		18		3,45	
Возраст 2		Возраст 3			
		-0,54		-2,076	
Стандарт экрана					
E <sub>c</sub>					

Рисунок 5. Фрагмент базы данных

рисунке 5. Этот этап реализует блок 7, после чего программа заканчивает работу (см. блок 8 на рисунке 1).

### Заключение

В заключение можно сделать следующие выводы. Предложенный метод цифровой колориметрии имеет практически стопроцентную повторяемость при многократном определении координат цвета и цветности, чего нет у других методов. Данный метод позволяет проводить экспертизу документа, при этом полностью сохраняется исследуемый документ, а также обеспечиваются простота и скорость определения цветовых координат в любой колориметрической системе.

### Литература

1. Mac Adam D.L. Visual sensitivities to color differences // Josa. 1943. Vol. 33. № 18.
2. Автоматическое устройство измерения спектров излучения для цветного ТВ / Л.Д. Ложкин [и др.] // Техника кино и телевидения. 1977. № 8. С. 41–43.
3. Патент RU 2494461. Способ преобразования цветового пространства / Ложкин Л.Д., Неганов В.А. Заявл. 08.07.2011; опубл. 27.09.2013, бюл. № 27.
4. Lozhkin L.D. Color-discrimination thresholds and differential geometry // Journal of Optical Technology. 2012. Vol. 79. № 2. P. 75–81.
5. Ложкин Л.Д. Цвет, его измерение, воспроизведение и восприятие в цветном телевидении. М.: URSS, 2018. 480 с.
6. Ложкин Л.Д., Суворов Г.А. Вопросы спектрального измерения цветности // Техника кино и телевидения. 1979. № 3. С. 35–39.
7. Ложкин Л.Д., Вороной А.А., Кузьменко А.А. Определение возраста штриха шариковой ручки. Свидетельство о гос. рег. программы для ЭВМ № 2019660040 от 30.07.2019.
8. Николаев П.П., Карпенко С.М., Николаев Д.П. Спектральные модели цветовой контрастности: правила отбора // Труды ИСА РАН. 2008. Т. 38. С. 322–335.
9. Вудс Г.Р. Цифровая обработка изображений / пер. с англ. М.: Техносфера, 2012. 1104 с.
10. Чочина П.А. Сегментация изображений на основе анализа расстояний в пространстве признаков // Автометрия. 2014. Т. 50. № 6. С. 97–110.
11. Барина О.В., Пальчикова И.Г. Возможность цветового анализа красящих веществ при производстве технико-криминалистической экспертизы документов // Судебная экспертиза. 2017. Т. 52. № 4. С. 75–82.
12. Луизов А.В. Цвет и свет. Л.: Энергоатомиздат, 1989. 256 с.
13. Пальчикова И.Г., Смирнов Е.С. Интервальная оценка параметров цвета из цифровых изображений // Компьютерная оптика. 2017. Т. 41. № 1. С. 95–102.

Получено 20.03.2020

**Ложкин Леонид Дидимович**, д.т.н., доцент кафедры радиоэлектронных систем (РЭС) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). 443010, Российская Федерация, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23. Тел. +7 937 984-77-12. E-mail: leon.lozhkin@yandex.ru

**Вороной Андрей Андреевич**, к.ф.-м.н., доцент кафедры РЭС ПГУТИ. 443010, Российская Федерация, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23. Тел. +7 903 303-85-69. E-mail: arminvanburn@yandex.ru

**Солдатов Александр Анатольевич**, к.ф.-м.н., доцент кафедры РЭС ПГУТИ. 443010, Российская Федерация, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23. Тел. +7 903 308-56-64. E-mail: solger259145@yandex.ru

**Кузьменко Александр Александрович**, инженер кафедры РЭС ПГУТИ. 443010, Российская Федерация, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23. Тел. +7 927 686-52-94. E-mail: alexandr291294@yandex.ru

**Трифорова Людмила Николаевна**, инженер кафедры РЭС ПГУТИ. 443010, Российская Федерация, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23. Тел. +7 917 108-88-22. E-mail: lyudmila.trifonova.2012@mail.ru

## DETERMINING THE DOCUMENT AUTHENTICITY

*Lozhkin L.D., Voronoi A.A., Soldatov A.A., Kuzmenko A.A., Trifonova L.N.*

*Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation  
E-mail: leon.lozhkin@yandex.ru*

It is known that the stroke color of a ballpoint pen changes over time (fades), which means that by the color change of the stroke, you can determine the age of the stroke, and therefore the authenticity of the document. It can be noted that the use of objective colorimetry method is widespread during such examinations. In practice, the spectral method is usually used for determining color and chromaticity coordinates. This method has a high measurement accuracy, but unfortunately, it can not be used directly. This fact is related to the aperture of the studied radiation and the entrance slit of the spectral device. Therefore, stroke dye solutions in colorless solvents are used in practice, which causes other difficulties. This paper describes a slightly different method for determining color coordinates, based on the method of computer colorimetry. This method allows to solve the problem.

**Keywords:** *computer monitor screen, computer colorimetry, chromaticity coordinates, basic colors, triangle of screen color coverage, VisualStudio 2017, color locus*

**DOI:** 10.18469/ikt.2020.18.3.15

**Lozhkin Leonid Didimovich**, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 23, L. Tolstoy Street, Samara, 443010, Russian Federation; Associate Professor of Radioelectronic Systems Department, Doctor of Technical Sciences. Tel. +7 937 984-77-12. E-mail: leon.lozhkin@yandex.ru

**Voronoi Andrey Andreevich**, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 23, L. Tolstoy Street, Samara, 443010, Russian Federation; Associate Professor of Radioelectronic Systems Department, PhD in Physics and Mathematics. Tel. +7 903 303-85-69. E-mail: arminvanburn@yandex.ru

**Soldatov Alexander Anatolyevich**, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 23, L. Tolstoy Street, Samara, 443010, Russian Federation; Associate Professor of Radioelectronic Systems Department, PhD in Physics and Mathematics. Tel. +7 903 308-56-64. E-mail: solger259145@yandex.ru

**Kuzmenko Alexander Alexandrovich**, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 23, L. Tolstoy Street, Samara, 443010, Russian Federation; Engineer of Radioelectronic Systems Department. Tel. +7 927 686-52-94. E-mail: alexandr291294@yandex.ru



**Trifonova Lyudmila Nikolaevna**, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 23, L. Tolstoy Street, Samara, 443010, Russian Federation; Engineer of Radioelectronic Systems Department. Tel. +7 917 108-88-22. E-mail: lyudmila.trifonova.2012@mail.ru

### References

1. Mac Adam D.L. Visual sensitivities to color differences. *Josa*, 1943, vol. 33, no. 18.
2. Lozhkin L.D. et al. Automatic device for measuring emission spectra for color TV. *Tehnika kino i teledenija*, 1977, no. 8, pp. 41–43. (In Russian.)
3. Lozhkin L.D., Neganov V.A. *Patent RU 2494461. Method of color space transformation*, appl. 08.07.2011, publ. 27.09.2013, bul. no. 27.
4. Lozhkin L.D. Color-discrimination thresholds and differential geometry. *Journal of Optical Technology*, 2012, vol. 79, no. 2, pp. 75–81.
5. Lozhkin L.D. *Color, Its Measurement, Reproduction and Perception in Color Television*. Moscow: URSS, 2018, 480 p. (In Russian.)
6. Lozhkin L.D., Suvorov G.A. Spectral chromaticity measurement issues. *Tehnika kino i teledenija*, 1979, no. 3, pp. 35–39. (In Russian.)
7. Lozhkin L.D., Voronov A.A., Kuz'menko A.A. Determining the age of a ballpoint pen stroke. Certificate of state reg. computer programs No. 2019660040 dated 30.07.2019.
8. Nikolaev P.P., Karpenko S.M., Nikolaev D.P. Spectral color contrast models: selection rules. *Trudy ISA RAN*, 2008, vol. 38, pp. 322–335. (In Russian.)
9. Vuds G.R. *Digital Image Processing*. Eng. Translation. Moscow: Tehnosfera, 2012, 1104 p. (In Russian.)
10. Chochina P.A. Image segmentation based on distance analysis in feature space. *Avtometrija*, 2014, vol. 50, no. 6, pp. 97–110. (In Russian.)
11. Barinova O.V., Pal'chikova I.G. Possibility of color analysis of dyes in the production of technical and forensic examination of documents. *Sudebnaja ekspertiza*, 2017, vol. 52, no. 4, pp. 75–82. (In Russian.)
12. Luizov A.V. *Color and Light*. Leningrad: Energoatomizdat, 1989, 256 p. (In Russian.)
13. Pal'chikova I.G., Smirnov E.S. Interval estimation of color parameters from digital images. *Komp'yuternaja optika*, 2017, vol. 41, no. 1, pp. 95–102. (In Russian.)

Received 20.03.2020

## УПРАВЛЕНИЕ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ОТРАСЛИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

УДК 811.111

### О СТИЛИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМАХ КОДИРОВАНИЯ В АНГЛОЯЗЫЧНЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ТЕКСТАХ

Романов А.В.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ  
E-mail: ch.isaac69@mail.ru

Исторически кодирование – один из первых и древнейших способов передачи смыслов, где коды – механизмы передачи, а символы графической стороны – буквы, слова, фразы – ингредиенты / ключи такой передачи. Технократы используют математические, алгебраические и статистические методы для сбора и передачи информации, лингвисты обеспечивают графические формы и модели восприятия передаваемого. Одним из первых системных кодов, возникших на заре цивилизаций, является Библия, написание которой потребовало буквенного кода, прочитанного впоследствии миллионами. Порой потребители и производители используют схожие, но не идентичные методы сбора и передачи, полагаясь на нестандартные решения, принимаемые на основе ранее полученных знаний и навыков. Вероятно, генерализация самой системы получения знаний и когнитивных навыков способствует