

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНІКА **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНИКА** **INFORMATIONAL TECHNOLOGIES AND COMPUTING ENGINEERING**

УДК 621.397

О. Д. Азаров, д. т. н., проф.; Л. В. Крупельницький, к. т. н.;
С. В. Лисюк, студ.

О. Д. Азаров, д. т. н., проф.; Л. В. Крупельницький, к. т. н.; С. В. Лысюк, студ.

A. Azarov, Dr. Sc. (Eng.), Prof.; L. Krupelnyskyy, Cand. Sc. (Eng.);
S. Lysiuk, Student

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИЗНАЧЕННЯ СПОТВОРЕНЬ **КОЛЬОРОВОСТІ В ТЕЛЕВІЗІЙНИХ СИСТЕМАХ**

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСКАЖЕНИЙ ЦВЕТНОСТИ **В ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИСТЕМАХ**

COMPUTER TECHNOLOGY OF COLOR GARBLING IDENTIFICATION **IN TELEVISION SYSTEMS**

Для оцінювання спотворень кольоровості було запропоновано використати параметр, що називається індексом передачі кольору. Розроблено алгоритм і програму, призначену для автоматизованого аналізу кольорових спотворень у телевізійних трактах

Для оценивания скажений цветности было предложено использовать параметр, который называется индексом цветопередачи. Разработаны алгоритм и программа, предназначенную для автоматизированного анализа цветowych искажений в телевизионных трактах

In order to determine the color garbling, there had been suggested to use the parameter called the color index. There had been designed the algorithm and the software for automatized analysis of color garbling in television nets.

Вступ

У теперішній час оцінювання спотворень кольоровості здійснюється, як правило, візуальними методами за допомогою універсальних випробувальних телевізійних таблиць. Однак, для автоматизованого комп'ютерного аналізу використання цих таблиць є незручним, оскільки повноцінне виділення з них параметрів спотворень кольоровості в разі наявності інших спотворень є досить складним. Тому авторами було поставлено задачу розробити комп'ютерну методику, алгоритм і програму оцінювання спотворень кольоровості на основі випробувальної таблиці, яка містить послідовність смуг стандартних кольорів. Окремою задачею є вибір оптимальної оцінки рівня спотворення кольоровості.

Вступление

В настоящее время оценка искажений цветности осуществляется, как правило, визуальными методами с помощью универсальных испытательных телевизионных таблиц. Однако, при автоматизированном компьютерном анализе использование этих таблиц неудобно, поскольку полноценное выделение из них параметров искажений цветности при наличии других искажений является довольно сложной задачей. Поэтому авторами была поставлена задача разработать компьютерную методику, алгоритм и программу оценки искажений цветности на основе испытательной таблицы, которая содержит последовательность полос стандартных цветов. Отдельной задачей является выбор оптимальной оценки уровня искажения цветности.

Introduction

Nowadays the evaluation of color garbling is usually done by visual analysis of the universal testing TV tables. But during the automated computer analysis, the usage of these tables is not convenient, because the full identification of color garbling parameters with the availability of other distortions is a very complicated task. Therefore the authors' aim was to develop the computer method, algorithm and software for the color garbling evaluation based on the application of the testing table, which contains the sequence of standard color bars. The separate problem is the choice of the optimal evaluation of the color garbling level.

Вибір універсального методу оцінки спотворень кольоровості

Для найточнішого вимірювання спотворень кольоровості було запропоновано використати стандартну випробувальну телевізійну таблицю ЦИТ-01М-98 [5], яка містить вісім кольорових смуг. За її допомогою можна судити про видозміну кольору внаслідок спотворення у тракці. Щоб кількісно оцінити рівень спотворення, запропоновано використати параметр, що називається індексом передачі кольору. Отже, задача складається з визначення вищенаведеного параметра на основі телевізійної таблиці ЦИТ-01М-98, яка внаслідок накладання спотворень видозмінюється, що відтворюється на індексі передачі кольору.

Алгоритм знаходження параметра «індекс передачі кольору»



Рис. 1. Телевізійна випробувальна таблиця
Рис. 1. Телевизионная испытательная таблица
Fig. 1. TV testing table

Розглянемо метод і алгоритм визначення даного параметра кольорових спотворень. Метод передбачає наявність опорного (неспотвореного) і оцінюваного (спотвореного) зображень. Спочатку оригінальна і спотворена таблиця розбиваються на три горизонтальні частини для того, щоб диференціювати спотворення в цих зонах (рис. 1).

Для оцінювання якості передачі кольору за допомогою сукупності випробувальних кольорів було запропоновано використати загальний індекс передачі кольору R_α , який визначається як середнє арифметичне індексів передачі кольору R_i кожною смугою

$$R_\alpha = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m R_i, \quad (1)$$

де i – номер випробувального кольору із набору m кольорів (номер испытательного цвета из набора m цветов; testing color number from m colors set); $m = 8$ – кількість смуг у таблиці (количество полос в таблице; number of bars in the table).

Експериментально встановлено, що значенням R_α відповідають такі оцінки якості передачі кольору: 80...100 — «відмінно», 65...80 — «дуже добре», 50...65 — «добре», 30...50 — «задовільно».

Вищенаведений параметр можна визначити за емпіричною формулою, запропонованою Міжнародною комісією з освітлення

$$R_i = 100 - 4,6\Delta E_i, \quad (2)$$

де ΔE_i — різниця між кольорами у рівномірному кольоровому просторі (разница между цветами в равномерном цветовом пространстве; difference between colors in the even color area).

Параметр ΔE_i визначається за формулою

$$\Delta E_i = \left[\left(U_{2i}^* - U_{1i}^* \right)^2 + \left(V_{2i}^* - V_{1i}^* \right)^2 + \left(W_{2i}^* - W_{1i}^* \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (3)$$

де U_{1i}^* , V_{1i}^* , W_{1i}^* — координати оригінального кольору в системі $U^*V^*W^*$ (координаты оригинального цвета в системе $U^*V^*W^*$; color coordinates in $U^*V^*W^*$ system); U_{2i}^* , V_{2i}^* , W_{2i}^* — координати спотвореного кольору в системі $U^*V^*W^*$ (координаты искаженного цвета в системе $U^*V^*W^*$; garbled color coordinates in $U^*V^*W^*$ system).

Координати кольорів у цій системі обчислюються таким чином:

$$\begin{aligned}U_i^* &= 13W_i^*(U_i - U_0); \\V_i^* &= 13W_i^*(V_i - V_0); \\W_i^* &= 25Y_i^{1/3} - 17,\end{aligned}\tag{4}$$

де Y_i — відносна яскравість досліджуваного кольору до яскравості білого у процентах (относительная яркость тестируемого цвета к яркости белого в процентах; testing color relative brightness to white color brightness in percents)

$$Y_i' = \frac{R_i + G_i + B_i}{25 \cdot 3}.\tag{5}$$

U_i, V_i, U_0, V_0 — координати кольоровості досліджуваних кольорів та опорного білого, відповідно, в системі UVW (координаты цветности тестируемых цветов и опорного белого, соответственно, в системе UVW ; testing color chromaticity coordinates and white color chromaticity coordinates in UVW system).

Координати U_i, V_i знаходяться через координати x_i та y_i кольору на відомій діаграмі кольоровості за такою формулою:

$$\begin{aligned}U_i &= \frac{2x_i}{6y_i - x_i + 1,5}; \\V_i &= \frac{3y_i}{6y_i - x_i + 1,5}.\end{aligned}\tag{6}$$

Тепер розв'язання задачі зводиться до визначення координат x_i та y_i кольору на діаграмі кольоровості.

Перехід від системи RGB до системи XYZ

Вищенаведений алгоритм знаходження параметра спотворення кольорового зображення, індексу передачі кольору базується на визначенні координат кольоровості x_i та y_i , які треба знаходити для кожної із восьми кольорових смуг випробувальної таблиці. Визначення останніх є досить складною задачею, для їх визначення виникає необхідність переходу від відомої нам системи RGB, яка не дає змогу повністю провести ряд обчислень з визначення параметрів якості зображення, до системи XYZ, основні кольори якої насиченіші ніж спектральні і яка розроблена так, що ряд колориметричних розрахунків спрощується і з'являється можливість знаходження запропонованого параметра якості кольорового зображення — індексу передачі кольору.

Тепер зупинимося на перетворенні між вищенаведеними колориметричними системами — RGB та XYZ.

Основні кольори системи RGB описуються в системі XYZ такими рівняннями:

$$\begin{aligned}X &= 0,4185R - 0,0912G + 0,0009B; \\Y &= -0,1588R + 0,2524G - 0,0025B; \\Z &= -0,0829R + 0,0157G + 0,1786B.\end{aligned}\tag{7}$$

Для знаходження координат червоного кольору замість G та B підставимо нульові значення, зеленого — замість R та B , синього — замість R та G :

$$\begin{aligned}X_r &= 0,4185R; & Y_r &= -0,1588R; & Z_r &= -0,0829R; \\X_g &= -0,0912G; & Y_g &= 0,2524G; & Z_g &= 0,0157G; \\X_b &= 0,0009B; & Y_b &= -0,0025B; & Z_b &= 0,1786B.\end{aligned}\tag{8}$$

Перетворення будь-якого кольору системи RGB у систему XYZ задається такою формулою:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_r C_r & x_g C_g & x_b C_b \\ y_r C_r & y_g C_g & y_b C_b \\ (1 - x_r - y_r) C_r & (1 - x_g - y_g) C_g & (1 - x_b - y_b) C_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}, \quad (9)$$

де $C_g = X_g + Y_g + Z_g; C_b = X_b + Y_b + Z_b; C_r = X_r + Y_r + Z_r$ — (10)

значення, необхідні для повного перетворення між системами основних кольорів (значення, необхідные для полного преобразования между системами основных цветов; values needed for full base colors systems conversion); $X_r, Y_r, Z_r, X_g, Y_g, Z_g, X_b, Y_b, Z_b$ — основні кольори системи XYZ (основне цвета системы XYZ; main colors in XYZ system); $x_r, x_g, x_b, y_r, y_g, y_b$ — координати кольоровості основних кольорів на кольоровому графіку МКО (Міжнародної комісії по освітленню), значення яких прийняті згідно зі стандартом кольорового телебачення NTSC (координаты цветности основных цветов на цветовом графике МКО (Международной комиссии по освещению), значения которых приняты соответственно стандарту цветного телевидения NTSC; main colors coordinates on the color ILC (International Board on Illumination) plot).

$$\begin{aligned} x_r &= 0,67; & x_g &= 0,21; & x_b &= 0,14; \\ y_r &= 0,33; & y_g &= 0,71; & y_b &= 0,08. \end{aligned} \quad (11)$$

Безпосередні координати кольоровості визначаються як відносні значення з обчислених абсолютних параметрів X, Y, Z

$$\begin{aligned} x &= \frac{X}{X + Y + Z}; \\ y &= \frac{Y}{X + Y + Z}. \end{aligned} \quad (12)$$

Отже, за вищенаведеним алгоритмом отримаємо координати кольоровості x та y , які будуть потрібні для знаходження головного параметра спотворення кольоровості – індексу передачі кольору.

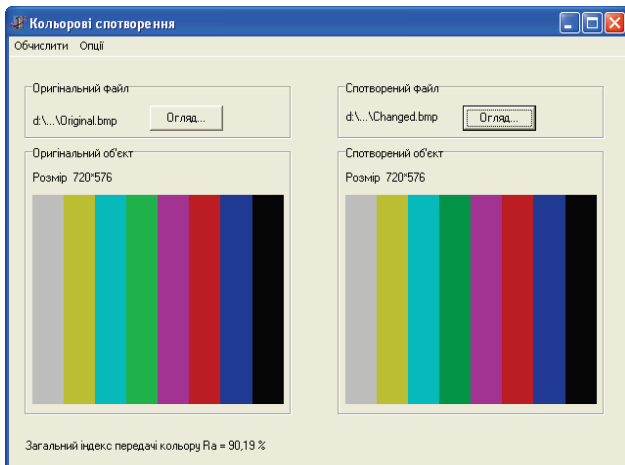


Рис. 2. Робоче вікно програми
 Рис. 2. Рабочее окно программы
 Fig. 2. Working program window

яскравість жовтої смуги на 11 %, яскравість блакитної смуги збільшимо на 5 %, а червоної – збільшимо на 15 %. Після аналізу вхідних файлів програма визначила індекс передачі $R_\alpha = 75,83$ %.

Выбор универсального метода оценки искажений цветности

Для наиболее точного измерения искажений цветности было предложено использовать стандартную испытательную телевизионную таблицу ЦИТ-01М-98 [5], которая содержит восемь цветных полос. С помощью ее можно судить о видеоизменении цвета вследствие искажения в тракте.

Розробка автоматизованої програми

Для автоматизованого визначення індексу передачі кольору було розроблено програму в середовищі Borland Delphi, яка за вхідні дані приймає два графічних файла формату *. bmp, що містять первинну і спотворену телевізійну таблицю. Вони в подальшому аналізуються програмою і обчислюється параметр кольорових спотворень. Час роботи програми для розмірів вхідних файлів 720x576 (формат DVD) склав приблизно 10 с. Робоче вікно програми має вигляд, показаний на рис. 2.

Приклад роботи програми

Для тестування написаної програми візьмо телевізійну таблицю і зменшимо в ній

Чтобы количественно оценить уровень искажения, было предложено использовать параметр, который называется индексом цветопередачи. Итак, задача состоит из определения вышеприведенного параметра на основе телевизионной таблицы ЦИТ-01М-98, которая вследствие наложения искажений видоизменяется, что отражается на индексе цветопередачи.

Алгоритм нахождения параметра «индекс цветопередачи»

Рассмотрим метод и алгоритм определения данного параметра цветных искажений. Метод предусматривает наличие опорного (неискаженного) и оцениваемого (искаженного) изображений. Сначала оригинальная и искаженная таблица разбиваются на три горизонтальных части для того, чтобы дифференцировать искажение в этих зонах (рис. 1).

Для оценки качества цветопередачи с помощью совокупности испытательных цветов было предложено использовать общий индекс цветопередачи R_α , который определяется как среднее арифметическое индексов цветопередачи R_i по каждой полосе (1).

Экспериментально установлено, что значению R_α отвечают такие оценки качества цветопередачи: 80...100 — «отлично», 65...80 — «очень хорошо», 50...65 — «хорошо», 30...50 — «удовлетворительно».

Вышеприведенный параметр можно определить по (2—5).

Координаты U_b , V_i находятся через координаты x_i и y_i цвета на известной диаграмме цветности (6).

Теперь решение задачи сводится к определению координат x_i и y_i цвета на диаграмме цветности.

Переход от системы RGB к системе XYZ

Вышеприведенный алгоритм нахождения параметра искажения цветного изображения, индекса цветопередачи базируется на определении координат цветности x_i и y_i , которые надо находить для каждой из восьми цветных полос испытательной таблицы. Определение последних — довольно сложная задача, для их определения возникает необходимость перехода от известной нам системы RGB, которая не дает возможность полностью провести ряд вычислений по определению параметров качества изображения, к системе XYZ, основные цвета которой более насыщены чем спектральные, эта система разработана так, что ряд колориметрических расчетов упрощается и появляется возможность нахождения предложенного параметра качества цветного изображения — индекса цветопередачи.

Теперь остановимся на преобразовании между вышеприведенными колориметрическими системами — RGB и XYZ.

Основные цвета системы RGB описываются в системе XYZ уравнениями (7).

Для нахождения координат красного цвета вместо G и B подставим нулевые значения, зеленого — вместо R и B, синего — вместо R и G (8).

Преобразование любого цвета системы RGB в систему XYZ задается формулами (9—11).

Непосредственные координаты цветности определяются как относительные значения из вычисленных абсолютных параметров X, Y, Z (12).

Итак, за вышеприведенным алгоритмом получим координаты цветности x и y , которые потребуются для нахождения главного параметра искажения цветности — индекса цветопередачи.

Разработка автоматизированной программы

Для автоматизированного определения индекса цветопередачи была разработана программа в среде Borland Delphi, которая в качестве входных данных принимает два графических файла формата *. bmp, что содержат первичную и искаженную телевизионные таблицы. Они в дальнейшем анализируются программой и определяется параметр цветных искажений. Время работы программы для размеров входных файлов 720×576 (формат DVD) составил приблизительно 10 с. Вид рабочего окна программы показан на рис. 2.

Пример работы программы

Для тестирования написанной программы возьмем телевизионную таблицу и уменьшим в ней яркость желтой полосы на 11 %, яркость голубой полосы увеличим на 5 %, а красной — увеличим на 15 %. После анализа входных файлов программа определила индекс цветопередачи $R_\alpha = 75,83 \%$.

Choosing the Universal Method for Color garbling identification

For very accurate evaluation of color garbling, there was suggested to use the standard testing TV table CIT-01M-98 [5], which contains eight color bars. The usage of this testing TV table

enables to identify the color modification in the result of its garbling in the TV path. To evaluate the garbling quantitatively, there had been suggested to use the parameter called color transferring index. So, the task is to determine this index on the basis of CIT-01M-98 TV table, which is modified after distortions overlapping.

Color Transferring Index Determination Algorithm

Let's consider the method and algorithm for the determination of the given parameter of the color garbling. This method stipulates for the availability of the original image and the image for evaluation. At first, the original image and the image for the evaluation are divided into three horizontal zones to differentiate garbling in these zones (fig. 1).

To estimate color transferring quality using the set of testing colors there had been suggested to use the general color transferring index R_α , which is determined as the average arithmetical color transferring indexes R_i on each bar (1).

It was experimentally determined that R_α can possess the following color distortions quality values: 80...100 – "excellent", 65...80 – "very good", 50...65 – "good", 30...50 – "satisfactorily".

The above parameter can be determined according to the empirical formula, suggested by the International Commission on the Illumination, as shown in (2–5).

U_i, V_i coordinates are determined with the help of x_i, y_i color coordinates on the known chrominance diagram (6).

The task is to determine x_i, y_i color coordinates.

RGB and XYZ Systems Conversions

The above algorithm for color image garbling identification, index of color transfer is based on the determination of the x_i, y_i coordinates, which must be determined for each of eight color bands of the testing table. x_i, y_i coordinates determination is a difficult problem because it is necessary to accomplish a conversion from the known RGB system, which does not allow to fully conduct calculations on image quality parameters determination, to XYZ system, the main colors of which are more consistent than the spectral. The XYZ system is developed so that the colorimetric calculations are more simplified and this system enables the determination of the suggested color image quality parameter — color transferring index.

Now let's describe RGB and XYZ systems conversion. Basic RGB colors are defined in XYZ system by the equations (7).

For red color determination G and B variables must be zero, for green color determination — R and B, for blue color determination — R and G (8).

Conversion of any RGB color to XYZ color is determined in formulas (9–11).

Direct chromaticity coordinates are determined as relative values from absolute X, Y, Z parameters (12).

So, the above algorithm gives the chromaticity coordinates x and y , which are necessary for the determination of basic color garbling parameter — color transferring index.

Software Development

For the automated color transferring index determination there was developed the software within the Borland Delphi environment, which accepts as the input data the two *. bmp graphic files with the original and garbled TV tables. These files are being analyzed by the software and the user gets the color garbling parameter. Program running time according to input files size 720×576 (DVD format) is about 10 seconds. Program window looks as shown on fig. 2.

Program Executing Example

To test the developed software, let's take the TV table and reduce yellow bar brightness by 11 %, increase blue bar brightness by 5 %, increase red bar brightness by 15 %. After the input files analyzing, the program has determined the color transferring index $R_\alpha = 75.83$ %.

Висновки

1. Використання комп'ютерних технологій, зокрема, програмного забезпечення для оцінки рівня спотворень у комп'ютерних та телевізійних системах на основі стандартної випробувальної таблиці, надає можливість точного знаходження рівня наявних спотворень за допомогою кількісного показника – індексу передачі кольору.

2. Розроблена програма, що базується на використанні стандартної випробувальної таблиці із восьми кольорових смуг для знаходження індексу передачі кольору, значно полегшує процедуру

знаходження кількості спотворень, присутніх у відеосистемі, дозволяє виводити у зручному вигляді результати аналізу випробувальної таблиці на екран.

Выводы

1. Использование компьютерных технологий, в частности, программного обеспечения для оценки уровня искажений в компьютерных и телевизионных системах на основе стандартной испытательной таблицы, предоставляет возможность точного нахождения уровня имеющихся искажений с помощью количественного показателя — индекса цветопередачи.

2. Разработанная программа, которая базируется на использовании стандартной испытательной таблицы из восьми цветных полос для нахождения индекса цветопередачи, значительно облегчает процедуру нахождения количества искажений, присутствующих в видеосистеме, выводит в удобном виде результаты анализа испытательной таблицы на экран.

Conclusion

1. The usage of the computer technologies, especially the software for garbling evaluation level in the computer and TV systems with standard testing table enables for accurate identification of the garbling level with the help of quantitative index – color transferring index.

2. The developed software based on using the standard testing table, contains eight color bars for color transferring determination index, greatly simplifies garbling identification procedure, displays testing table analysis results in convenient mode.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Джакони В. Е. Телевидение. — М.: Радио и Связь, 2000. — 640 с.
2. Певзнер Б. М. Качество цветных телевизионных изображений. — М.: Радио и Связь, 1988. — 2-е изд., доп. и перераб. — 224 с.
3. Fujio T. A study of high-definition TV system in future // IEEE Trans Broadcasting. — 1979. — Vol. 1. — P. 24—32.
4. Крупельницький Л. В., Лисюк С. В., Визначення параметрів геометричних спотворень у телевізійних системах. — Вінниця: ВНТУ, 2003. — 122 с.
5. ОСТ 58-19-99 Таблицы цветные испытательные телевизионные. Общие технические требования. — М.: Госстандарт России, 1999. — 20 с.
6. Моренко Р. А. Определение цвета объекта по его спектру пропускания. — Саратов: СГУ, 2001. — 13 с.

Рекомендована кафедрою обчислювальної техніки

Надійшла до редакції 7.06.05
Рекомендована до друку 6.09.05

Азаров Олексій Дмитрович — завідувач кафедри; **Крупельницький Леонід Віталійович** — старший викладач.

Кафедра обчислювальної техніки;

Лисюк Сергій Вікторович — студент Інституту інформаційних технологій і комп'ютерної інженерії.
Вінницький національний технічний університет

Азаров Алексей Дмитриевич — заведующий кафедрой; **Крупельницкий Леонид Витальевич** — старший преподаватель.

Кафедра вычислительной техники;

Лысюк Сергей Викторович — студент института информационных технологий и компьютерной инженерии.

Винницкий национальный технический университет

Oleksiy Azarov — *Head of the Chair*; **Leonid Krupelnytskyk** — *Senior Lecturer*.

Chair of computer science;

Sergiy Lysiuk — *student of the Institute of Information Technologies and Computer Engineering*.

Vinnitsia National Technical University