

Последним этапом стал монтаж видеоролика в программе Adobe Premiere Pro CS6. К подготовленному видеоряду было подобрано музыкальное сопровождение. Далее, используя основные приёмы и инструменты видеоролик был смонтирован (рис.7).



Рис.7. Монтаж видео

### Заключение

В результате проделанной работы было создано четыре мультимедийных обучающих видео для дисциплины «Шрифты», которые позволят студентам закрепить теоретический материал в области развития шрифтового искусства и освоить технику ручной графики с использованием ширококонечных перьев. Эти видеоматериалы повысят эффективность освоения дисциплины своей наглядностью, доступностью, одновременного воздействуя на различные каналы восприятия информации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Актуальность разработки и структура электронного образовательного ресурса «компьютерные сети» / О.А. Дикшева // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2011.
2. Сайт «Рефотека.ру» [Электронный ресурс] режим доступа <http://refoteka.ru/r-142127.html> - свободный, 02.03.2016г.
3. Таранов Н.Н. Рукописный шрифт – М.: Львов, 1986. – 49 с.
4. Богдеско И.Т. Каллиграфия – М.: Агат, 2005. – 41 с.

## ВЛИЯНИЕ ЦВЕТОВОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

*Осокин А.Н., Сидоров Д.В.*  
(г. Томск, НИ ТПУ, г. Томск, ОАО «Томское пиво»)  
*nicson@tpu.ru, rauco@mail.ru*

## INFLUENCE OF COLOR SPACE ON OBJECTIVE IMAGE QUALITY MEASURING

*A. Osokin, D. Sidorov*  
(Tomsk, Tomsk Polytechnic University, Tomsk, OAO Tomskoe pivo)

**Abstract**— Objective methods and metrics for assessing image quality are often developed for grayscale images and can't be directly applied to the color images. There are a number of color spaces with luminance component, like YUV, HSV, CIELab, HunterLab, which can be used to convert color image to grayscale, but we couldn't find any scientific papers that are devoted to the problem of what color space must be used for this conversion and how it affect the accuracy and reliability of the image quality assessment. In this paper we will try to find an answer to the question about existence of the any relationship between the particular method of calculating luminance (selecting a color space) and the adequacy of the image quality assessments.

**Keywords**— reference image quality assessment, metric, color space, luminance conversion, color image processing, TID2013, experiment.

**Введение.** Сегодня цифровые системы обработки аналоговых и цифровых видеосигналов стали неотъемлемой частью повседневной жизни и применяются в различных устройствах: мобильных телефонах и смартфонах, видеокамерах, планшетах, умных цифровых телевизорах, DVD и Blu-ray плеерах и т.п. Использование таких дискретных систем на практике позволяет осуществлять вещание эфирного телевидения и видеоконференций через Интернет, оцифровку и реставрацию старых видеопленок, восстановление поврежденных видеозаписей, удаление посторонних шумов, контроль качества записываемого видео при сильном сжатии с потерями, масштабирование изображений и т.д. Широкое распространение алгоритмов цифровой обработки изображений, используемых в дискретных системах, вызвано как достижениями полупроводниковой промышленности, так и большим объемом исследований в области обработки изображений. Создание и исследование таких алгоритмов сопряжено с множеством различных проблем, одной из которых является получение адекватной оценки качества изображений.

Большое количество разработанных в последнее время эталонных алгоритмов (метрик) оценки качества (в работе будут рассматриваться только такие метрики) позволяют в той или иной степени решить проблему получения адекватных (близких к экспертной оценке) оценок качества изображений. Одни метрики являются быстродействующими (например, 3-PSNR, PSNR, MSE, MSAD), но обеспечивают малоадекватные оценки, другие (например, SSIM, MS-SSIM, CW-SSIM, IW-SSIM, FSIM, GSSIM, 3-SSIM) позволяют получить достаточно близкие к экспертным оценкам результаты [3-5,7-10], но все перечисленные выше метрики в основном рассчитаны на работу только с изображениями в градациях серого и напрямую неприменимы к цветным изображениям. Авторы перечисленных метрик указывают, что в случае цветных изображений метрику можно использовать на яркостной составляющей цветных изображений, но способ получения этой яркостной составляющей и тип используемого цветового пространства обычно не указывается.

Исходя из вышесказанного, у авторов статьи возник вопрос о том, какое цветовое пространство необходимо использовать для получения яркостной составляющей изображений и, что более важно, влияет ли выбор этого цветового пространства на адекватность получаемых оценок качества? Может ли выбор того или иного цветового пространства повлиять, например, на приспособленность отбираемого «потомства» в генетических алгоритмах или обеспечить более оптимальные веса нейронных связей нейронной сети? Другими словами, разработчику какого-либо алгоритма обработки цветных изображений важно знать влияет ли выбор конкретного цветового пространства на адекватность полученных оценок качества и, в конечном счете, на эффективность работы самого алгоритма. Авторами статьи не найдено научных работ, которые были бы посвящены данной теме, поэтому целью работы является поиск ответа на вопрос о существовании зависимости между способом получения яркостной составляющей (выбором цветового пространства) и адекватностью полученных оценок качества изображений.

**Цветовые пространства.** Цветовым пространством называется метод представления яркости и цвета. Наиболее распространенным и часто используемыми цветовыми пространствами являются: RGB, YUV, HSV, HSL, CIELab, HunterLab [2]. Цветовое пространство RGB встречается наиболее часто и, по сути, является «первичным», т.к. в нем представлены оцифрованные данные с аналоговой ПЗС-матрицы фотоаппарата или камеры. В дальнейшем, в зависимости от задачи, цветовое пространство RGB преобразуется в необходимое, например, при сжатии с потерями в пространство YUV. Очевидно, что и обратное преобразование в RGB необходимо, т.к. вывод информации на цифровые дисплеи так же осуществляется в этом пространстве.

Как было ранее указано, при оценке качества изображений используется только яркостная составляющая цветных изображений, поэтому в работе будут использоваться только пространства с яркостной составляющей: YUV, HSV, CIELab и HunterLab.

Полные формулы преобразования указанных цветовых пространств приведены в работе [2]. Используемые в работе краткие формулы для получения из пространства RGB яркостных составляющих цветовых пространств YUV, HSV, CIELab и HunterLab приведены в формулах (1) – (4).

Яркость для цветового пространства YUV с различными весовыми коэффициентами PC601 и REC601 (ITU-R BT.601) вычисляется следующим образом:

$$Y(PC601) = 0.257R + 0.504G + 0.098B + 16 \quad (1)$$

$$Y(REC601) = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (2)$$

Яркость для пространств CIELab и HunterLab вычисляется с использованием промежуточного пространства XYZ по следующим формулам:

$$(CIELab)L = 116Y - 16 \quad (3)$$

$$(HunterLab)L = 10\sqrt{Y} \quad (4)$$

где:

$$Y = 21.26\ddot{R} + 71.52\ddot{G} + 7.22\ddot{B}$$

$$\ddot{R} = \begin{cases} \left(\frac{\dot{R} + 0.055}{1.065}\right)^{2.4}, & \dot{R} > 0.04045 \\ \frac{\dot{R}}{12.92}, & \dot{R} \leq 0.04045 \end{cases}$$

$$\ddot{B} = \begin{cases} \left(\frac{\dot{B} + 0.055}{1.065}\right)^{2.4}, & \dot{B} > 0.04045 \\ \frac{\dot{B}}{12.92}, & \dot{B} \leq 0.04045 \end{cases}$$

$$\ddot{G} = \begin{cases} \left(\frac{\dot{G} + 0.055}{1.065}\right)^{2.4}, & \dot{G} > 0.04045 \\ \frac{\dot{G}}{12.92}, & \dot{G} \leq 0.04045 \end{cases}$$

$$\dot{R} = \frac{R}{255}, \dot{G} = \frac{G}{255}, \dot{B} = \frac{B}{255}$$

**Эксперимент.** Цель эксперимента – определить влияет ли выбор цветового пространства, а именно способ вычисления яркостной составляющей цветных изображений, на адекватность получаемых оценок качества и если да, то существенно ли его влияние.

Исходные данные для эксперимента:

- набор изображений TID2013 [6], состоящий из 25 эталонных и 3000 искаженных цветных изображений, полученных с использованием разных видов искажений: Гауссов шум, сильное JPEG и JPEG2000 сжатие, потери блоков при передаче сжатого изображения, сдвиг контраста, сдвиг средней яркости и т.п.;
- усредненные по результатам 971 эксперимента экспертные оценки для набора TID2013 (предоставленные вместе с набором) [6];
- цветовые пространства YUV (REC601 и PC601), HSV, CIELab и Hunterlab, в которых присутствует яркостная составляющая, формулы для расчета представлены в [2];
- программно реализованные авторами на языке Си метрики PSNR, 3-PSNR, SSIM, 3-SSIM, GSSIM, fast SSIM, MS-SSIM, MS-SSIM-RH, 3-MS-SSIM-RH, MS-GSSIM-RH, fast MS-SSIM, CW-SSIM и fast CW-SSIM [1,3-5,7-11] для оценки качества цветных изображений

по яркостной составляющей (согласно [8] человеческое зрение наиболее чувствительно к малейшему изменению яркости, нежели цвета);

- алгоритмы ранговой корреляции Спирмена и Кендалла для определения близости (адекватности) математических и экспертных оценок (коэффициенты корреляции вычисляются для всей выборки изображений).

Результаты эксперимента приведены в табл. 1, 2. В табл. 2 указано относительное (в %) изменение коэффициентов корреляции оценок относительно базового столбца YUV (REC601), т.к. такое цветовое пространство часто встречается при обработке изображений.

Табл. 1. Коэффициенты корреляции математических и экспертных оценок набора TID2013 для различных цветовых пространств

Метрика	Коэффициент Спирмена					Коэффициент Кендалла				
	YUV (REC601)	YUV (PC601)	HSV	CIE Lab	Hunter Lab	YUV (PC601)	YcbCr (REC601)	HSV	CIE Lab	Hunter Lab
PSNR	0,639	0,640	0,672	0,653	0,654	0,469	0,469	0,487	0,481	0,480
3-PSNR	0,644	0,644	0,699	0,661	0,660	0,472	0,472	0,511	0,489	0,486
SSIM	0,734	0,752	0,731	0,737	0,746	0,552	0,569	0,544	0,554	0,563
3-SSIM	0,756	0,765	0,769	0,764	0,773	0,576	0,585	0,580	0,584	0,593
GSSIM	0,691	0,706	0,673	0,691	0,696	0,511	0,523	0,492	0,510	0,514
fast SSIM	0,733	0,751	0,728	0,735	0,745	0,553	0,569	0,543	0,554	0,563
MS-SSIM	0,658	0,657	0,636	0,656	0,660	0,477	0,476	0,456	0,476	0,478
3-MS-SSIM	0,749	0,748	0,739	0,752	0,756	0,564	0,564	0,547	0,567	0,571
MS-GSSIM	0,639	0,633	0,626	0,63	0,639	0,460	0,455	0,448	0,458	0,460
MS-SSIM-RH	0,783	0,786	0,787	0,790	0,794	0,601	0,606	0,591	0,606	0,610
3-MS-SSIM-RH	0,786	0,785	0,807	0,797	0,800	0,610	0,610	0,613	0,621	0,623
MS-GSSIM-RH	0,748	0,753	0,739	0,752	0,755	0,558	0,56	0,543	0,561	0,563
fast MS-SSIM	0,576	0,584	0,581	0,577	0,590	0,414	0,419	0,414	0,414	0,424
CW-SSIM	0,761	0,771	0,800	0,774	0,782	0,587	0,597	0,610	0,599	0,607
fast CW-SSIM	0,760	0,770	0,800	0,773	0,781	0,586	0,596	0,610	0,597	0,606

Табл. 2. Относительное изменение коэффициентов корреляции математических и экспертных оценок набора TID2013 (за базовый взят столбец YUV REC601)

Метрика	Относительное изм. коэф. Спирмена в %					Относительное изм. коэф. Кендалла в %				
	YUV (REC601)	YUV (PC601)	HSV	CIE Lab	Hunter Lab	YUV (PC601)	YcbCr (REC601)	HSV	CIE Lab	Hunter Lab
PSNR	0	0	4,893	2,052	2,022	0	0	3,554	2,371	2,269
3-PSNR	0	-0,016	7,827	2,601	2,35	0	-0,021	7,721	3,456	2,84
SSIM	0	2,38	-0,41	0,38	1,608	0	2,918	-1,582	0,415	1,866
3-SSIM	0	1,176	1,767	1,008	2,148	0	1,505	0,707	1,336	2,884
GSSIM	0	2,026	-2,734	-0,101	0,718	0	2,388	-3,841	-0,235	0,738
fast SSIM	0	2,317	-0,714	0,272	1,53	0	2,795	-1,823	0,271	1,777
MS-SSIM	0	-0,046	-3,314	-0,183	0,288	0	-0,105	-4,513	-0,21	0,293
3-MS-SSIM	0	-0,067	-1,284	0,452	0,991	0	-0,124	-3,142	0,511	1,069
MS-GSSIM	0	-0,916	-2,125	-0,487	-0,047	0	-1,23	-2,72	-0,502	-0,13
MS-SSIM-RH	0	0,47	0,572	0,886	1,398	0	0,874	-1,76	0,776	1,491
3-MS-SSIM-RH	0	-0,166	2,614	1,442	1,713	0	-0,115	0,505	1,675	2,117
MS-GSSIM-RH	0	0,73	-1,123	0,598	1,019	0	1,082	-2,687	0,553	1,011
fast MS-SSIM	0	1,301	0,86	0,121	2,188	0	0,931	-0,217	-0,048	2,262
CW-SSIM	0	1,348	4,864	1,68	2,711	0	1,774	3,881	1,938	3,375

fast CW-SSIM	0	1,35	4,941	1,707	2,739	0	1,777	3,936	1,942	3,381
Среднее	0	0,792	1,109	0,829	1,558	0	0,963	-0,132	0,95	1,816

На основании полученных результатов авторами были сделаны следующие выводы, предположения и рекомендации:

- Использование цветных пространств с более независимой яркостной компонентой (HSV, CIElab, HunterLab) позволяет для алгоритмов 3-PSNR, 3-SSIM и 3-MS-SSIM-RH, включающих сложную обработку краевых (контурных) пикселей (получаемых с использованием оператора Собеля), более четко выделить контуры и тем самым повысить адекватность получаемых оценок.

- Снижение адекватности оценок по метрике 3-MS-SSIM, работающей с оцениваемыми изображениями в различных масштабах (размерах), вероятно, обусловлено неоптимальными базовыми весовыми коэффициентами (заданными авторами метрики) для различных масштабов оцениваемых изображений.

- Предложенная авторами в работе [1] модификация SSIM-подобных метрик, которая позволяет значительно сократить время вычисления оценок, значимо не сказывается на качестве получаемых оценок относительно базовых метрик независимо от используемого цветового пространства (метрики fast SSIM, fast MS-SSIM, fast CW-SSIM).

- Метрики fast CW-SSIM и CW-SSIM также показали значительный рост качества полученных оценок ввиду лучшего выделения яркостной компоненты и краевых пикселей. Это позволило лучше использовать свойство инвариантности избыточного вейвлет-преобразования [7], применяемого в метрике, к незначительным сдвиговым и вращательным искажениям.

- Авторы рекомендуют для простой метрики PSNR, которая обладает наименьшей вычислительной сложностью и временем вычисления, использовать цветовое пространство HSV.

Остальные метрики показали незначительные отклонения в адекватности полученных оценок, поэтому авторы рекомендуют в случае использования этих метрик не заострять внимание на выборе цветового пространства. Однако не стоит забывать, что эти коэффициенты интегральные по всему набору TID2013 и могут сильно отличаться как в большую, так и в меньшую сторону в зависимости от типа и силы искажений. Определение влияния выбора цветового пространства на конкретные типы и виды искажений в работе не рассмотрены и требует отдельного обширного исследования.

**Выводы.** Авторами работы было обнаружено наличие некоторой сложной зависимости между способом получения яркостной составляющей изображений и адекватностью получаемых оценок качества. Данная зависимость наиболее сильна для простых алгоритмов на основе PSNR, алгоритмов на основе избыточных вейвлет-преобразований (CW-SSIM), алгоритмов с определением контуров изображений (3-SSIM, 3-PSNR и т.п.) и, зачастую, значимо влияет на адекватность получаемых оценок. Основываясь на результатах эксперимента и выводах из него, авторы рекомендуют разработчикам алгоритмов и систем обработки цифровых изображений оценивать и принимать во внимание фактор влияния способа расчета яркостной составляющей для цветных изображений, т.к. значимое отклонение в качестве оценок может сильно изменить поведение алгоритма обработки изображения, например, для эволюционных алгоритмов в результате отбора выбрать более приспособленное «потомство», для нейронных алгоритмов более оптимально настроить весовые коэффициенты нейронных связей, для алгоритмов сжатия с потерями более оптимально подобрать коэффициент квантования и т.п.

## ЛИТЕРАТУРА

1. A. Osokin, D. Sidorov Modification of SSIM Metrics // 13<sup>th</sup> International Scientific Conference, ITMM 2014. – Anzhero–Sudzhensk, Russia, 2014. – PP. 351–355.
2. Color conversion math and formulas [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.easyrgb.com/index.php?X=MATH&H=07#text7>. – 01.02.2015.
3. C. Li, A.C. Bovik Three-component weighted structural similarity index // SPIE, Image Quality and System Performance VI, 2009 – v. 7242.
4. C. Li, A.C. Bovik Content-weighted video quality assessment using a three-component image model // Journal of Electronic Imaging, 2010 – v. 19(1).
5. L. Zhang, L. Zhang, X. Mou, D. Zhang FSIM: A Feature SIMilarity index for image quality assessment // IEEE Trans. Image Processing, 2011 – v. 20(8). – PP. 2378–2386.
6. Ponomorenko N. Tampere image database 2013 TID2013, version 1.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ponomarenko.info/tid2013.htm>. – 30.03.2015.
7. W. Zhou, S. Gupta, A.C. Bovik Complex wavelet structural similarity: a new image similarity index // IEEE Transactions on Image Processing, 2009 – v. 18(11).
8. W. Zhou, A.C. Bovik Modern image quality assessment. – N.Y.: Morgan&Claypool, 2006. – 157 p.
9. W. Zhou Image quality assessment: from error visibility to structural similarity. – IEEE transactions on image processing, 2004 – v.3. – PP. 600–612.
10. W. Zhou, E.P. Simoncelli, A.C. Bovik Multi-scale structural similarity for image quality assessment // IEEE Transactions on Image Processing, 2003 – v. 2. – PP. 1398–1402.
11. Сидоров Д.В., Осокин А.Н., Марков Н.Г. Оценка качества изображений с использованием вейвлетов // Известия Томского политехнического университета, 2009 – т. 315, – №5. – с.с. 104–107.

### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТРАДИЦИОННОМ КЕРАМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

*Ю. С. Петров А. В. Шкляр*  
(г. Томск, Томский политехнический университет)  
E-mail: [pus-01@mail.ru](mailto:pus-01@mail.ru)

### MODERN TECHNOLOGY IN TRADITIONAL CERAMIC PRODUCTION

*Y. S. Petrov A. V. Shklyar*  
(Tomsk, Tomsk Polytechnic University)

**Annotation.** Use of 3D-technology in a ceramic production process. The analysis of advantages in the manufacture of tiles.

**Keywords.** Design, 3D-technologies, 123d-catch, ceramic, manufacturing.

**Традиционное изготовление.** Изразцы — это керамические изделия для облицовки печей, внутренних стен домов и фасадов. Название произошло от технологической операции, используемой при изготовлении. Деревянную форму из изрезали узорами, отсюда название — изразец.

Начальный этап создания изразца – изготовление формы для будущей модели. Технологический процесс изготовления модели схож с процессом изготовления куличика из песка. Материал помещается в форму под давлением для приобретения нужной формы.

Современный материал изготовления формы – гипс. Изделие из него легче в изготовлении и проще в обработке, чем дерево. Из гипсовой формы можно создать около двухсот изразцов до ее разрушения.