
ОПТИЧЕСКИЕ И ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

УДК 535.6
DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-11-1005-1014

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НАСЫЩЕННОСТИ ЦВЕТА В СОВРЕМЕННОМ ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ

М. В. БЕЛОДЕДОВ¹, Н. М. Зотов², А. В. ХОПЕРСКОВ³, А. М. ЧМУТИН³, В. А. ЧУЙКО⁴

¹Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, 105005, Москва, Россия

²Волгоградский государственный технический университет, 400005, Волгоград, Россия

³Волгоградский государственный университет, 400062, Волгоград, Россия

E-mail: amchmutin@yandex.ru

⁴Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Представлен анализ средств современного программного обеспечения компьютерной графики, управляющих цветовой насыщенностью. Для случая виртуального инструмента сопутствующая погрешность определена как трехмерная величина и предложена классификация составляющих такой погрешности. Введены в рассмотрение две новые — сдвиговые — составляющие, свойства которых исследованы с использованием выборки из 24 программных пакетов; обнаружена критичность одной из составляющих, угрожающая целостности изобразительной информации в процессе контрастного преобразования. Показано, что существующий инструментарий не способен обеспечить системность управления контрастом цветовых насыщенностей, а это ограничивает область его применения только задачами синтеза изображений.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение программ, преобразование насыщенностей цвета, контраст насыщенностей, погрешности контрастирования, целостность изобразительной информации, экспертные приложения

Введение. Метрологическое обеспечение средств измерений — неотъемлемый сегмент всей приборостроительной тематики. Настоящая статья посвящена его наиболее актуальному (и притом наименее разработанному) направлению — метрологии программного обеспечения (ПО) приборов, предназначенных для визуального анализа объектов (подробнее — см. работу [1]), хотя даже при автоматическом распознавании образов подобное ПО нередко оказывается востребованным [2, 3]. Иначе говоря, из двух базовых задач компьютерной графики — синтеза и анализа изображений — далее будет рассматриваться исключительно последняя.

Одна из типовых процедур метрологического обеспечения [4] — исследование точностных свойств измерительных преобразователей (ИП), или преобразователей измерительной информации (в виртуальной оптике, по аналогии с оптической инструментальной, — программных преобразователей изобразительной информации), в частности, средств цветопреобразования [5].

Состояние проблемы. Цвет — сигнал трехмерный (определяемый по закону Грассмана [6] как минимум тремя координатами). Поэтому, говоря о виртуальном цветопреобразовании, нужно и функцию такого преобразования полагать трехмерной [7]. Следовательно, трехмерной

будет и погрешность преобразования любой из характеристик цвета. Эта погрешность формируется композицией из трех: погрешности преобразования изменяемой характеристики цвета и двух погрешностей сохранения неизменных характеристик цвета.

Первая — как и у реальных ИП — образуется суммированием основной погрешности (разности фактического и номинального результатов преобразования, например, насыщенности цвета) и двух дополнительных погрешностей (неравномерностей преобразования, зависящих от исходного оттенка и исходной яркости цвета). Неопределенность состоит еще и в том, что номинал, если и нормируется, то не оглашается разработчиками ПО под предлогом сохранения исходного кода.

Две другие погрешности присущи только виртуальным ИП — это паразитные сдвиги результирующего оттенка и яркости цвета относительно их исходных значений. В основу нормирования таких погрешностей предлагается положить лемму [5] о том, что сдвиги должны быть нулевыми.

Частично ошибки программных средств <Brightness>, <Contrast> и <Hue> исследованы авторами ранее, в том числе вопросы управления инструментом <Saturation> [8] и вопросы преобразования цвета в конкретном программном пакете Photoshop [5]. В настоящей статье планируется систематизировать ошибки и обобщить данные по цветопреобразованию при использовании <Saturation>, в частности, установить возможность применения современного ПО для анализа изобразительной информации, а также изучить и оценить две специфические составляющие погрешности виртуальных ИП цветовой насыщенности — оттеночный и яркостный сдвиги.

Настоящее исследование инициировано работами [8] и [5], где детально рассматривались только преобразования в цветовом пространстве RGB, тем более что в современном ПО графические средства, использующие цветовое пространство Lab, — редкость не только для оттенков [1], но и для насыщенностей цвета.

Материал и методика исследования. Для решения поставленной задачи был проведен масштабный анализ соответствующего программного инструментария современной компьютерной графики и изучена представительная выборка программного продукта — 24 пакета (от уровня фирменных редакторов до частных разработок). Реквизиты программных пакетов и основные результаты исследования сведены в таблицу, где приращение контраста насыщенностей рассчитывалось (в соответствии с [8]) как изменение контраста HSV-насыщенностей, приведенное к его исходному значению, а приращение контраста яркостей (в соответствии с [5]) — как изменение контраста XYZ-яркостей, приведенное к его исходному значению. Эта яркость однозначно связана со светлотой L выражением $Y=Y_0[(L+16)/116]^3$ [9], где значение параметра Y_0 для аналитических приложений компьютерной графики рекомендуется выбирать под стандартный излучатель D_{65} [1]. Вкупе с оттенком, одинаково определяемым в цветовых координатных системах HSV, HSL и HSI, применение именно такого набора цветовых характеристик изображения вполне отвечает методологии описания цвета, предложенной в [10], исходя из задач компьютерного зрения.

Инструменты управления насыщенностью цвета

Программный пакет			Приращение контраста насыщенностей/ приращение контраста яркостей, %		
Разработка, год	Название, версия		В минимуме шкалы <Saturation>	В середине шкалы <Saturation>	В максимуме шкалы <Saturation>
BatchConverter 2013	Advanced Batch Converter v.7.6	HSL HSV	+6 / +51 0 / +46	0 / 0 0 / 0	-63 / +258 +6 / -97
ACD Systems 2013	ACDSee Pro v. 5.0.110		-100 / +49*	0 / 0	+69 / 429
ArcSoft 2008	ArcSoft PhotoStudio v. 6.0.9.151		-100 / -100	0 / 0	+94 / +239
Online Media Technologies 2012	AVS Photo Editor v. 2.0.8.128		-100 / +190	0 / 0	+63 / 271

Продолжение таблицы

Программный пакет			Приращение контраста насыщенностей/ приращение контраста яркостей, %		
Разработка, год	Название, версия		В минимуме шкалы <Saturation>	В середине шкалы <Saturation>	В максимуме шкалы <Saturation>
Corel 2008	CorelDRAW X4 v.14.0.0.567		-100 / +187	0 / 0	-100 / +862
NeWest Software 2012	Focus Photoedi- tor v. 6.5.1	HSL	-13 / + 264	0 / 0	+13 / 198
		HSV	-100 / -100	0 / 0	+94 / +239
		RGB	-100 / + 236	0 / 0	+94 / 1125
FastStone Soft 2007	FastStone Image Viewer v. 3.5		-100 / + 53	0 / 0	+69 / 102
GNU 2012	GIMP v. 2.8.0		-100 / + 190	0 / 0	+63 / 276
Irfan Skiljan 2012	IrfanView v.4.35		-100 / + 82	0 / 0	+69 / 135
Mark Tyler 2009	mtPaint v. 3.31		-100 / + 82	0 / 0	+69 / 135
Nikon 2009	Capture NX2 v.2.3.4		-100 / + 166	0 / 0	+69 / 231
Microsoft 2010	Office Picture Manager v.14.0.6015.1000		-100 / + 190	0 / 0	+63 / 260
dotPDN LLC 2010	Paint.NET v. 3.5.5		-100 / + 82	0 / 0	+156 / 557
Antonio Da Cruz 2010	PhotoFiltre Studio v. 10.4.1		-100 / + 82	0 / 0	+69 / 135
Ulead Systems 2007	PhotoImpact X3 v. 13.00.0000.0		-100 / + 190	0 / 0	+113 / 1682
Adobe Systems 1999	PhotoShop v. 5.5		-100 / + 190	0 / 0	+125 / 1711
Adobe Systems 2010	PhotoShop CS5 v. 12.0		-100 / + 190	0 / 0	+125 / 1711
Unified Color 2009	HDR PhotoStudio v. 2.12.27.2521		-69 / +84	0 / 0	+13 / +58
Autodesk 2013	Pixlr Photo editor on-line		-100 / **	0 / 0	+81 / **
Roxio 2010	Roxio Photo Suite v. 8		***	0 / 0	+125 / 1556
SunlitGreen 2010	SunlitGreen Photo Editor v. 1.4.0		-100 / + 190	0 / 0	+63 / 276
Pierre-Emmanuel Gougelet 2012	XnView v. 1.98.7		+7 / +26	0 / 0	-67 / +363

Примечания.

* Жирным шрифтом выделены случаи, когда при использовании программного средства <Saturation> наблюдается инверсия яркостного контраста.

** Приращение контраста яркостей на уровне погрешности, обусловленной дискретным представлением RGB-координат.

*** Данный инструмент позволяет только увеличивать контраст насыщенностей.

Следует различать управление контрастом насыщенностей с помощью одного, специально предназначенного инструмента и аналогичное изменение контраста как побочный эффект, вызванный воздействием другого инструмента. Именно поэтому инспектировался только инструмент <Saturation>. Из 24 исследованных пакетов в таблице не указаны Microsoft Photo Editor v. 3.01 (Microsoft) и OpenOffice v. 3.2.0 (Sun Microsystems), как не имеющие <Saturation>, и PhotoShop v. 5.5 (Adobe) — как идентичный PhotoShop v. 12.0; при этом учтена

возможность использования <Saturation> в одном и том же пакете в разных цветовых моделях, кроме, естественно, Lab.

Методика исследования состоит в испытании штатных инструментов <Saturation> перечисленного в таблице ПО на одном и том же изображении. Это эталонное изображение представляет собой квадрат, цвет левой половины которого (R=95, G=125, B=85) имеет насыщенность 32 %, правой (R=105, G=125, B=110) — 16 %. Координаты оттенка цвета левого поля R=0, G=255, B=64; правого поля — R=64, G=255, B=0. Цвета полей выбраны так, чтобы насыщенности и их контраст можно было существенно менять в обе стороны, яркости полей соответствовали оптимуму видности исходно ненулевого яркостного контраста, оттеночный контраст был заметен, но не превосходил яркостный.

Сначала посредством каждого из инструментов насыщенности полей эталонного изображения последовательно менялись с минимально возможным шагом в присущем данному программному пакету диапазоне вариации <Saturation>. После этого оценивались 8bitRGB-координаты преобразованного цвета обоих полей. Далее по формулам

$$\left. \begin{array}{l} 0, \\ 255 \times [\text{med}(\text{RGB}) - \min(\text{RGB})] / [\max(\text{RGB}) - \min(\text{RGB})], \\ 255 \end{array} \right\} \quad (1)$$

рассчитывались результирующие оттенки; здесь $\min(\text{RGB})$, $\max(\text{RGB})$ и $\text{med}(\text{RGB})$ — экстремальные и промежуточные результаты оценки цветовых координат каждого поля.

Результирующие яркости рассчитывались как

$$Y = K \cdot R + 3 \cdot G + C \cdot B, \quad (2)$$

где R, G и B — sRGB-координаты, определенные по результатам оценки цветовых координат каждого поля (формулы пересчета 8bitRGB в sRGB и яркостные коэффициенты K, 3 и C взяты из стандарта МЭК [11]).

Пределы полезного приращения контраста насыщенностей и паразитного приращения (погрешности) контраста яркостей, достижимые без насыщения цветовых координат, отражены в приведенной выше таблице в относительных единицах.

Динамика процессов отражается их развертками. Для изменения контраста насыщенностей, описывающего <Saturation>, кривые приведены в работе [8].

Результаты исследования оттенков. Результаты исследования представлены графически (рис. 1) зависимостью оттенка полей эталонного изображения от воздействия <Saturation>: верхний пучок кривых — для левого поля, нижний — для правого. С учетом того, что оцифровка шкалы в разных пакетах может сильно различаться, на рис. 1 „max“ соответствует верхнему пределу шкалы <Saturation>, „min“ — нижнему пределу, 0 — исходным насыщенностям. По оси ординат отложены результирующие оттенки полей изображения, приведенные не в традиционных для Photoshop градусах, а в более естественных для компьютерной техники $6 \times 255 = 1530$ ($6 \times 2^8 - 6$ для круговой шкалы) градациях N.

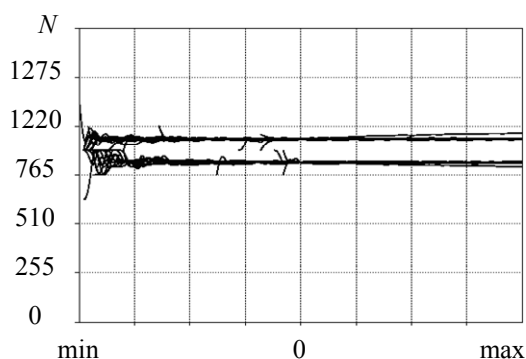


Рис. 1

Для всех перечисленных в таблице программных пакетов графики построены на одном поле: данные практически одинаковы. Некоторый разброс слева от нулевой отметки обусловлен 24-битовой дискретизацией RGB-координат (когда насыщенность мала, при пересчете RGB в значение оттенка даже единичное изменение любой цветовой координаты перерастает в существенную погрешность оттенка). Тот факт, что этот разброс варьируется от кривой к кривой, объясняется округлением данных на разных стадиях выполнения того или иного алгоритма <Saturation>. Для алгоритма <Saturation>, используемого в Photoshop (исходные формулы приведены в [5]), можно доказать независимость оттенка от <Saturation>, иначе говоря, алгоритмическое сохранение оттенка при <Saturation> аналитически.

Пусть некий пиксел имеет исходные цветовые координаты — наименьшую по размеру $\min(\text{RGB})$, наибольшую $\max(\text{RGB})$ и промежуточную $\text{med}(\text{RGB})$. Вычислим его исходный оттенок. В соответствии с [12] в 8-битовом исчислении этот оттенок (так же, как и любой цвет) будет описываться тремя цветовыми координатами, определяемыми выражениями (1). Придадим его исходному цвету приращение насыщенности, определяемое положительной девиацией Δ наибольшей и наименьшей цветовой координат от средней точки: $0,5[\min(\text{RGB})+\max(\text{RGB})]$. Согласно [5] результирующий цвет будет иметь следующие цветовые координаты:

$$\left. \begin{aligned} \min'(\text{RGB}) &= \min(\text{RGB}) \mp \Delta, \\ \text{med}'(\text{RGB}) &= \min(\text{RGB}) \mp \Delta + [\max(\text{RGB}) - \min(\text{RGB}) \pm 2\Delta] \times \\ &\quad \times [\text{med}(\text{RGB}) - \min(\text{RGB})] / \\ &\quad / [\max(\text{RGB}) - \min(\text{RGB})], \\ \max'(\text{RGB}) &= \max(\text{RGB}) \pm \Delta. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Верхний знак в уравнениях (3) соответствует увеличению <Saturation>, нижний — уменьшению. Девиация $\Delta \geq 0$ вычисляется как модуль разности исходного и результирующего значений одноименных экстремальных цветовой координат, а оттенок результирующего цвета — как

$$\left. \begin{aligned} &0, \\ &255 \times [\text{med}'(\text{RGB}) - \min'(\text{RGB})] / [\max'(\text{RGB}) - \min'(\text{RGB})], \\ &255. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Преобразовав выражения (4) с учетом (3), получим

$$\left. \begin{aligned} &0, \\ &255 \times [\text{med}(\text{RGB}) - \min(\text{RGB})] / [\max(\text{RGB}) - \min(\text{RGB})], \\ &255, \end{aligned} \right\}$$

т.е. оттенок сатурированного цвета равен оттенку исходного цвета (1). Значит, алгоритм <Saturation> Photoshop (и тех программ, куда он из Photoshop был „клонирован“) оттенок в процессе преобразования сохраняет.

У остальных пакетов, как видно из рис. 1, отличия от Photoshop (для целей настоящей работы) незначительны. Таким образом, что касается оттенка, современное ПО компьютерной графики позволяет выполнить системные требования [5] к контрастированию насыщенностей.

Результаты исследования яркостей. Результаты тоже представлены графиками (рис. 2) зависимости яркости полей эталонного изображения от изменения насыщенности: здесь по оси абсцисс отложены показания в окне <Saturation>, по оси ординат — результирующие яркости полей изображения (приведенные в соответствующих правилах sRGB \Rightarrow XYZ конверсии [11] долей от единицы). Контраст яркостей отображается удалением кривых одной от другой по оси ординат; исходный контраст яркостей — удалением кривых при нулевом значении <Saturation>, что, как правило, соответствует нулевой точке оси абсцисс. При нулевом значении верхняя кривая всех графиков соответствует правому полю эталонного изображения, нижняя — левому.

Приведенные на рис. 2 кривые демонстрируют следующие сценарии изменения зависимостей яркости и яркостного контраста от $\langle \text{Saturation} \rangle$:

а) отклонение яркости без обращения яркостного контраста (Advanced Batch Converter, XnView, Focus Photoeditor, ArcSoft PhotoStudio, CorelDRAW, HDR PhotoStudio, FastStone Image Viewer, IrfanView, mtPaint, PhotoFiltre Studio);

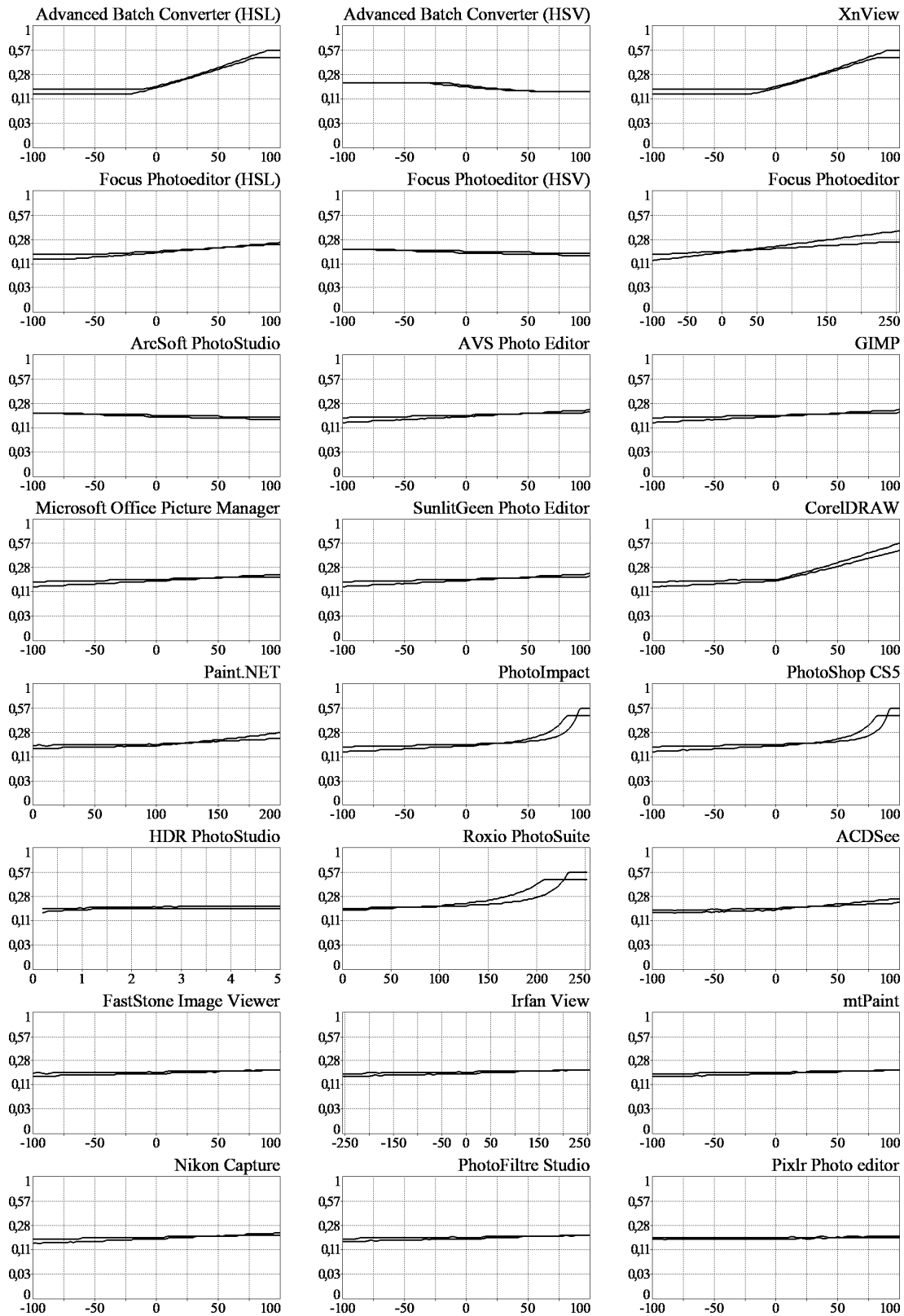


Рис. 2

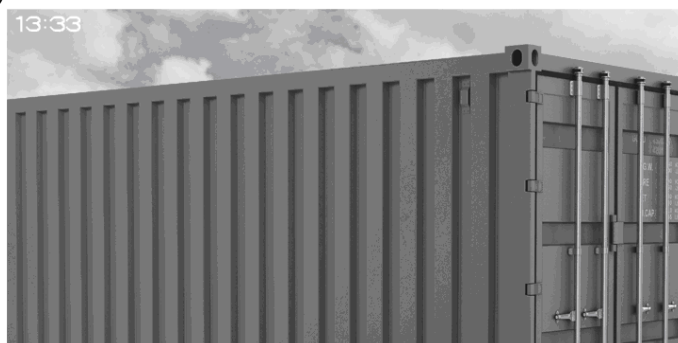
b) отклонение яркости с обращением яркостного контраста (Focus Photoeditor, AVS Photo Editor, GIMP, Microsoft Office Picture Manager, Paint.NET, PhotoImpact, PhotoShop, Roxio Photo Suite, ACDSee, Nikon Capture, SunlitGreen Photo Editor);

c) отсутствие изменений яркости и яркостного контраста (Pixlr Photo editor).

Видно, что сближение/удаление графиков в пределах диапазона <Saturation> (*a*) соответствует искажению, а их перекрещивание/смыкание на одном из краев диапазона <Saturation> (*b*) — утрате яркостного контраста. Таким образом, по части яркости системные требования [5] к контрастированию насыщенностей практически во всем современном ПО компьютерной графики не выполняются. Казалось бы, единственное исключение, когда ни контраст, ни информация не меняются, — сценарий (*c*) системным требованиям удовлетворяет. Однако штатная проверка этого пакета программ на погрешность оттеночной неравномерности преобразования отвергает возможность его использования для анализа изобразительной информации.

Обсуждение результатов. На первый взгляд, паразитные яркостные сдвиги на графиках рис. 2 могут показаться незначительными, но кажущаяся малость яркостной погрешности — мнимая. Она может многократно (до 10^x) усиливаться при росте различия оттенков сравниваемых полей, как, например, это продемонстрировано на рис. 3 (здесь использована увеличенная версия иллюстрации из работы [5] — теперь на более широком поле умещаются часы). На рис. 3, *a* приведено исходное изображение, а на рис. 3, *b* — обработанное программно в пакете Photoshop CS5 (<Saturation>=100). Их сопоставление показывает, что цель контрастирования достигнута — номер контейнера стал вполне читаемым [5]. Сомнение вносит часовое табло, расположенное в левом верхнем углу: для одного и того же времени суток верхняя картина противоречит нижней в части освещения объекта. Нарушается целостность восприятия изобразительной информации, что неприемлемо в приложениях компьютерной графики, например, к экспертизе. Попытка обработки того же изображения, но в пакете Pixlr Photo editor, характеризуем малым яркостным сдвигом, привносит оттеночную неравномерность до 27 %, что тоже несовместимо с экспертным применением ПО.

a)



b)



Рис. 3

Заключение. Решение поставленной в работах [8, 5] задачи масштабного исследования точности преобразования цветовой насыщенности изображений предопределяет вывод о недопустимых рисках использования для их обработки штатных средств современного графического ПО. Уточним, что в первом случае риск при последующем визуальном анализе изображений связан с неосознанным получением ошибочных результатов из-за погрешностей яркостного сдвига и/или оттеночной неравномерности, одна из которых присуща исследованному ПО. Во втором случае риск заключается в опасности остаться без каких бы то ни было результатов в силу малой эффективности штатных инструментов (выявленной в [8]). Для экспертизы все это означает, что пользование универсальными программами в целях повышения информативности электронных изображений грозит грубыми промахами.

Следовательно, возникает потребность в разработке нового программного инструмента, свободного от указанных недостатков. Для этого в первую очередь необходимо сконструировать алгоритм, который будет отвечать системным требованиям к информационному контрастированию [1, 5]. Так, актуализируется задача создания нового точечного преобразования [13], реализующего линейное контрастирование, но не яркостей цвета, как таковое понимается в современной оптике [14], а насыщенностей цвета, и программной реализации такого алгоритма. Проведенный точностный анализ может стать основой для метрологического обеспечения нового инструментария.

Работа выполнена в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования РФ (№ 2.852.2017/4.6).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гребенюк П. Е., Чмутин А. М., Чуйко В. А. Алгоритм преобразования контраста оттенков в цветовом пространстве Lab // Изв. вузов. Приборостроение. 2018. Т. 61, № 1. С. 71—77. DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-1-71-77.
2. Shapiro L. G., Stockman G. C. Computer Vision. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001. 580 p.
3. Forsyth D. A., Ponce J. Computer Vision: A Modern Approach. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2012. 761 p.
4. Селиванов М. Н., Фридман А. Э., Кудряшова Ж. Ф. Качество измерений: Метрологическая справочная книга. Л.: Лениздат, 1987. 295 с.
5. Чмутин А. М. Контраст насыщенностей и яркостный сдвиг: парадоксы Photoshop // Intern. Journal of Open Information Technologies. 2019. Vol. 7, N 1. P. 12—24 [Электронный ресурс]: < <http://www.injoit.org/index.php/j1/article/view/632/645/632-2038-1-PB.pdf>>.
6. Helmholtz H. Treatise on Physiological Optics. Vol. 2. The Sensations of Vision. Rochester: JOSA, 1924. 480 p.
7. Смирнов С. А. Преобразование оптических сигналов. СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. 113 с.
8. Бондарь О. В., Чмутин А. М. Насыщенность цвета, контраст насыщенностей и переносимая ими изобразительная информация // Современные научные исследования и инновации. 2018. № 2. 15 с. [Электронный ресурс]: <<http://www.web.snauka.ru/issues/2018/03/85975>>.
9. Gaudin J. Colorimétrie appliquée à la vidéo. Paris: Dunod, 2012. 320 p.
10. Алехин А. А., Горбунова Е. В., Чертов А. Н., Шитов Д. Д. Об описании объектов анализа для оптико-электронных систем цветовой идентификации // Изв. вузов. Приборостроение. 2012. Т. 55, № 12. С. 65—66.
11. Roynnton C. Digital Video and HDTV Algorithms and Interfaces. San Francisco: Elsevier Science, 2003. 692 p.
12. Андроновна Н. Е., Гребенюк П. Е., Чмутин А. М. Оттенок и оттеночный контраст цифрового изображения // Тр. 22-й Междунар. конф. „Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и транспорте“. Новороссийск: КубГТУ, 2014. С. 58—59.
13. Тропченко А. Ю., Тропченко А. А. Цифровая обработка сигналов. Методы предварительной обработки. СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. 100 с.
14. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В. А. Сойфера. М.: Физматлит, 2003. 784 с.

- Сведения об авторах**
- Михаил Владимирович Белодедов** — канд. физ.-мат. наук, доцент; МГТУ им. Н. Э. Баумана; E-mail: m.belodedov@mail.ru
- Николай Михайлович Зотов** — канд. техн. наук, доцент; Волгоградский государственный технический университет
- Александр Валентинович Хоперсков** — д-р физ.-мат. наук, профессор; Волгоградский государственный университет, кафедра информационных систем и компьютерного моделирования; зав. кафедрой; E-mail: ahoperskov@gmail.com
- Алексей Михайлович Чмутин** — канд. техн. наук, доцент; Волгоградский государственный университет, кафедра информационных систем и компьютерного моделирования; E-mail: amchmutin@yandex.ru
- Владимир Анатольевич Чуйко** — Университет ИТМО; ст. преподаватель

Поступила в редакцию
27.06.19 г.

Ссылка для цитирования: Белодедов М. В., Зотов Н. М., Хоперсков А. В., Чмутин А. М., Чуйко В. А. Анализ точности преобразования насыщенности цвета в современном программном обеспечении // Изв. вузов. Приборостроение. 2019. Т. 62, № 11. С. 1005—1014.

ANALYSIS OF THE CONVERSION ACCURACY OF THE COLOR SATURATION IN MODERN SOFTWARE

M. V. Belodedov¹, N. M. Zotov², A. V. Khoperskov³, A. M. Chmutin³, V. A. Chuiko⁴

¹N. E. Bauman Moscow State Technical University, 105005, Moscow, Russia

²Volgograd State Technical University, 400005, Volgograd, Russia

³Volgograd State University, 400062, Volgograd, Russia
E-mail: amchmutin@yandex.ru

⁴ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

Color saturation control tools of modern computer graphics software is analyzed. For the case of a virtual instrumentation, the concomitant error is defined as a three-dimensional value, and a classification of the error components is proposed. Two new shift-type components are introduced, and their properties are studied using sampling from 24 software packages. The criticality of one of the error components, threatening the integrity of visual information in the process of contrast transformation, is revealed. It is shown that the existing tools are not able to provide systemic color saturation contrast control, and this limits their application area to the tasks of image synthesis only.

Keywords: software metrology, transformation of color saturation, contrast of saturations, contrast transformation errors, graphic information integrity, expert applications

REFERENCES

1. Grebenyuk P.E., Chmutin A.M., Chuyko V.A. *Journal of Instrument Engineering*, 2018, no. 1(61), pp. 71–77. DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-1-71-77. (in Russ.)
2. Shapiro L.G., Stockman G.C. *Computer Vision*, Upper Saddle River, Prentice Hall, 2001, 580 p.
3. Forsyth D.A., Ponce J. *Computer Vision: A Modern Approach*, Upper Saddle River, Prentice Hall, 2012, 761 p.
4. Selivanov M.N., Fridman A.E., Kudryashova Zh.F. *Kachestvo izmereniy: Metrologicheskaya spravochnaya kniga* (Measurement Quality: Metrological Reference Book), Leningrad, 1987, 295 p. (in Russ.)
5. Chmutin A.M. *Intern. Journal of Open Information Technologies*, 2019, no. 1(7), pp. 12–24, <http://www.injoit.org/index.php/j1/article/view/632/645/632-2038-1-PB.pdf>. (in Russ.)
6. Helmholtz H. *Treatise on Physiological Optics, vol. 2. The Sensations of Vision*, Rochester, JOSA, 1924, 480 p.
7. Smirnov S.A. *Preobrazovaniye opticheskikh signalov* (Optical Signal Conversion), St. Petersburg, 2008, 113 p. (in Russ.)
8. <http://www.web.snauka.ru/issues/2018/03/85975>. (in Russ.)
9. Gaudin J. *Colorimétrie appliquée à la vidéo*, Paris, Dunod, 2012, 320 p.
10. Alekhin A.A., Gorbunova E.V., Chertov A.N., Shitov D.D. *Journal of Instrument Engineering*, 2012, no. 12(55), pp. 65–66. (in Russ.)

11. Poynton C. *Digital Video and HDTV Algorithms and Interfaces*, San Francisco, Elsevier Science, 2003, 692 p.
12. Andronova N.E., Grebenyuk P.E., Chmutin A.M. *Lazerno-informatsionnyye tekhnologii v meditsine, biologii, geoeologii i transporte* (Laser Information Technologies in Medicine, Biology, Geoecology and Transport), Proceedings of the 22nd International Conference, Novorossiysk, 2014, pp. 58–59. (in Russ.)
13. Tropchenko A.Yu., Tropchenko A.A. *Tsifrovaya obrabotka signalov. Metody predvaritel'noy obrabotki* (Digital Signal Processing. Preprocessing Methods), St. Petersburg, 2009, 100 p. (in Russ.)
14. Soifer V.A., ed., *Metody komp'yuternoy obrabotki izobrazheniy* (Methods of Computer Image Processing), Moscow, 2003, 784 p. (in Russ.)

Data on authors

Mikhail V. Belodedov	— PhD, Associate Professor; N. E. Bauman Moscow State Technical University; E-mail: m.belodedov@mail.ru
Nikolay M. Zotov	— PhD, Associate Professor; Volgograd State Technical University
Aleksander V. Khoperskov	— Dr. Sci., Professor; Volgograd State University, Department of Information Systems and Computer Simulation; Head of the Department; E-mail: ahoperskov@gmail.com
Alexey M. Chmutin	— PhD, Associate Professor; Volgograd State University; Department of Information Systems and Computer Simulation; E-mail: amchmutin@yandex.ru
Vladimir A. Chuiko	— ITMO University; Senior Lecturer

For citation: Belodedov M. V., Zotov N. M., Khoperskov A. V., Chmutin A. M., Chuiko V. A. Analysis of the conversion accuracy of the color saturation in modern software. *Journal of Instrument Engineering*. 2019. Vol. 62, N 11. P. 1005—1014 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-11-1005-1014