

Контраст насыщенностей и яркостный сдвиг: парадоксы Photoshop

А.М. Чмутин

Abstract – В рамках информационной парадигмы рассмотрены суть, структура и компоненты полного изобразительного контраста. Изложены базовые положения информационной теории изобразительного контраста. Введены в рассмотрение понятия контрастов визуального и физического; одноимённых и разноимённых функций видности физических контрастов. Доказана лемма об управлении частными контрастами. Как следствие, установлены системные требования к управлению видимыми перцепционными контрастами. С этих позиций исследована работа контрастирующего инструментария программного пакета Photoshop. Показано, что в RGB Mode его инструмент <Saturation> системным требованиям не удовлетворяет. Сформулирован алгоритм преобразования контраста насыщенностей подобными инструментами. При сопоставлении развёрнутых результатов преобразования с прогнозируемыми в рамках классической феноменологии цветовой насыщенности обнаружен дефект алгоритма – паразитный яркостный сдвиг. Произведена его оценка, выявлены причины и обстоятельства его появления. Продемонстрированы и проанализированы артефакты, порождаемые яркостным дефектом. Предложен путь исправления ошибок описанного алгоритма. Сопоставлена информация, переносимая контрастом насыщенностей и контрастом, обусловленным яркостным дефектом. Даны практические рекомендации по контрастному анализу изображений в сфере экспертной деятельности. Обосновано место Photoshop в задачах синтеза и анализа изображений и намечено направление дальнейших работ.

Keywords – анализ изобразительной информации, графические артефакты, контрастирование, контраст насыщенностей, механизм преобразования насыщенности, ошибки алгоритма, перцепционная система цветовых координат, экспертные приложения, яркостный сдвиг.

I. ПРЕАМУЛА

Настоящая работа лежит в основном русле иконоки – информационного научного направления, изучающего свойства изображений с учётом специфики зрительного восприятия в разрезе их компьютерной обработки, id est компьютерного воспроизведения и преобразования [1]. Конкретная тематика работы – компьютерные методы преобразования изображений с расчётом только на их последующий визуальный анализ, то есть, имея в виду их перцепцию. Статья призвана осветить один из частных путей такого преобразования, нацеленный на выявление исходно невидимой изобразительной информации.

Программное воплощение как воспроизведения, так и преобразования изображений сводит обе сущности к цветовоспроизведению и цветопреобразованию, так как изобразительная информация сохраняется в цветовых координатах. Формально – и в цветовых координатах, и в пространственных координатах, но последние в процессе воспроизведения/преобразования изображения никак не изменяются. Ибо вмешательство в исходную структуру пространственных координат – первый признак ретуши, неприемлемой ни для иконоки, ни для научного метода в целом.

Здесь уместно будет подчеркнуть то, что логика цветопреобразования по своей сути противоречит цветовоспроизведению – тематике, которая освящает сегодня абсолютное большинство из всех публикаций прикладного плана (полиграфия, TV, фотокинотехника ...). Цель воспроизведения цвета отрицает даже саму возможность решения задачи выявлять изобразительную информацию. Воспроизведение – это получение на носителе (холсте, бумаге, экране монитора, ...) цветов, в наибольшей степени приближенных к тому, как их видит глаз человека, рассматривая натуральный оригинал. Но так как искомая изобразительная информация изначально глазу недоступна, её выявление требует такого изменения цвета по сравнению с исходным восприятием картины, чтобы она стала видна наблюдателю. А поскольку ему потребно изменение, то сохранению цвета в процессе его преобразования места нет.

Иначе говоря, цветовоспроизведение – классическая цель обработки изображений. Иконока, подразумевающая использование компьютера, привносит новую ипостась – цветопреобразование.

В этой ипостаси и оценка правильности действия алгоритмов обработки изображений, будучи основана на методологии цветовоспроизведения – сравнения по цвету оригинала и результата, – становится несостоятельной. Приходится вводить в рассмотрение иной принцип оценки – сравнение оригинала и результата по контрасту. Последнее является предпосылкой для переосмысления теоретических представлений о контрасте, которые, в том числе, должны устанавливать объективные критерии такой оценки. Концептуальным положениям посвящён III раздел настоящей статьи.

Априори следовало бы пояснить только одно базовое понятие. Вследствие цветопреобразования любого вида реализуется изображение, новое не в бытовом, то есть

Статья получена 23 октября 2018.

А.М. Чмутин, к.т.н. доц. института математики и информационных технологий ВолГУ (email: amchmutin@yandex.ru).

сюжетном^{*}, смысле, а в информационном, – в смысле нового распределения изобразительной информации. По сюжету новое изображение идентично исходному, оно отличается не менее, чем одной из трёх перцепционной характеристикой цвета. Следующий раздел и посвящён частному случаю преобразования цвета изображений – контрастированию, рассматриваемому здесь в пределах перцепционной цветовой модели.

Остаётся отметить, что статья принципиально не затрагивает вопросы синтеза изображений. Последний актуализирует не изобразительную информацию, уже существующую предметно, а, скорее, изобразительные устремления художника (дизайнера, фотографа, теле- или кинооператора) к тому, чтобы выразить своё ментальное представление об окружающем мире в тех или иных графических образах.

II. ВВЕДЕНИЕ

Когда речь вполне справедливо заходит о зрительном восприятии 90% получаемой человеком информации [2], может показаться, что человек способен получить и 90% существующей вокруг него – куда только достанет глаз – изобразительной информации. Изрядная ложность этого впечатления видна не сразу. Она обусловлена тем, что преобладающую долю окружающей изобразительной информации человек не сможет воспринять, покуда её не почувствует глаз. Так кажущаяся значимость 90% оценки заслоняет вопрос о том, сколько же ещё изобразительной информации остаётся «за кадром» исключительно в силу небезгрешности человеческого глаза. Ведь и на самом деле определённую часть изобразительной информации человек попросту не способен разглядеть. Представляет интерес разобраться здесь с факторами, определяющими подобную слабость зрительного восприятия. Для этого сначала надо препарировать суть исходных понятий в рамках изобразительной информатики.

Среди атрибутов изображения принято особо выделять лишь два, цвет и контраст [3]. Это очевидно: цвет и контраст – главные в ряду носителей изобразительной информации. Но каков вклад каждого из них? Для ответа на этот вопрос надо провести анализ информационного наполнения двух атрибутов, сопоставляя роли цвета и контраста в процессе переноса информации, то есть дать сравнительную оценку их информативности. И здесь возникает дилемма.

С одной стороны, логично оценивать переносимую цветом хроматическую изобразительную информацию, как ничтожную. Напротив, переносимую контрастом информацию формную, – как насыщенную.

На первый взгляд, ситуация парадоксальна – вся информация, содержащаяся в изображении, хранится значениями координат цвета, но цветом передаётся её минимум. При детальном рассмотрении кажущийся парадокс дезавуируется следующими логическими выкладками. По требованиям иконоки [1] цвет должен

рассматриваться в рамках известных закономерностей цветовосприятия. Его феноменология такова, что глаз человека прекрасно ощущает цвета, но его мозг их плохо помнит – отождествлять увиденное, увы, не с чем. А изобразительная информация и выявляется то только в ходе интерпретации результатов мысленного сличения увиденного с запомненным [4] по тому или иному атрибуту, точнее по характеристикам того или иного атрибута. Таким образом, цветом передаётся только сигнальная изобразительная информация и то в объёмах символических. Про цвет эксперты ещё говорят, что он, как идентификационный признак, неустойчив.

Львиная доля информации, воспринимаемой от изображения, относится к формной изобразительной информации. Почему? Средством передачи формной изобразительной информации является контраст. Он порождает границу раздела фрагмента изображения и фона. Линия этой границы – контур – описывает форму фрагмента. А уже форма непосредственно и несёт изобразительную информацию (в теории живописи эта логическая цепочка отвечает методологии Винкельмана [5]). Таким образом, количество получаемой формной изобразительной информации определяется контрастом изображения, который подчас вообще рассматривается, как мера его информативности [6]. Поэтому далее по тексту подразумевается только формная изобразительная информация.

С позиций восприятия изобразительной информации из двух главных атрибутов изображения контраст предпочтителен, поскольку изобразительная информация передаётся преимущественно контрастом, а не цветом. В информационном плане из сказанного вытекает немалая феноменологическая ущербность цвета изображения в пику фундаментальности его контраста.

С другой стороны, будут правомерны и следующие соображения. Если человек видит цвет всегда (цвет по определению есть видимая величина), то контраст – отнюдь нет: вмешивается порог контрастного восприятия. За ним остаётся латентный контраст и вся переносимая им латентная изобразительная информация. И может случиться так, что именно потребная изобразительная информация окажется глазу недоступна. Вероятность этого невелика: множество фотографий, встречающихся человеку, не нуждаются в дополнительной обработке, чтобы выявить искомую изобразительную информацию, поскольку они исходно уже достаточно контрастны для визуального анализа. Собственно, фотограф и старается добиться такого качества снимков. Как следствие, данная работа утилитарна лишь для малой доли цифровых фотографических изображений.

Тем не менее, эта малая вероятность не равна нулю – фотограф не всегда достигает своей цели, либо в силу отказа фототехники, либо в силу человеческого фактора (например, когда объект для анализа на фотографии изображён, но не он являлся объектом съёмки). Кроме того, нередко латентные контрасты появляются в материалах видеонаблюдения, когда оператор в процессе съёмки вообще не участвует. Встречаются и объекты

^{*}сюжетно-новое изображение – это не только изображение иного объекта съёмки, но также изображение прежнего объекта при иных условиях съёмки: ракурсе, освещении, моменте съёмки, etc.

съемки слабоконтрастные по своей природе (выцветшие надписи, грязные банкноты, затуманенные пейзажи и т.д., и т.п.).

При необходимости контраст изображений, которые не дотягивают до порога человеческого восприятия, целесообразно приводить к должному уровню на компьютере (а иное чаще всего и не представляется возможным). Усиление латентных контрастов ведёт к увеличению изобразительной информации, обретаемой наблюдателем в последующем визуальном исследовании фотоматериала.

Пример повышения информативности изображения – повышение контраста насыщенностей, при котором в изображении, когда либо ранее сохранённом в формате .jpg, начинает визуально проявляться JPEG-структура (сетка с ячейками, чаще всего – 8×8 пикселей). Но сам по себе факт разбиения поля изображения на квадраты в процессе визуального анализа фотоснимка тривиально интерпретируется как результат JPEG-форматирования – информация эта очень редко представляет интерес. В каких же случаях контрастирование востребовано? Там, где латентная изобразительная информация значима, допустим, криминалистически значима [7]. Стоит проиллюстрировать случай подобного рода значимости, отталкиваясь от рассматриваемого примера повышения информативности изображения: даже факт нарушения ячеистой структуры позволяет предположить, что имело место некое программное вмешательство в цифровое изображение [8], а эта информация уже существенна. Забегая вперёд, – вопрос о значимости латентной информации, даже просто её наличия или отсутствия, быстро уводит от чисто академических рассуждений и дидактических построений в направлении практических приложений цветопреобразования. Итак, настоящая работа посвящена сугубо прикладной компьютерной графической технологии повышения информативности изображений и не затрагивает иные.

С позиций получения изобразительной информации из двух основных атрибутов изображения предпочтителен цвет, поскольку его восприятие никак не ограничивается пороговой чувствительностью глаза. На практике такой аргумент может быть только затрудняет (иной раз, даже существенно), но вовсе не исключает саму возможность использования контраста.

Разрешение дилеммы – выбор меньшего из двух зол. В одном случае память на цвета человеку лучше уже не сделать. В другом случае можно искусственно (на компьютере) усилить прогнозируемый, if any, латентный контраст сверх порога контрастной чувствительности человеческого глаза. Отсюда становится столь насущным преобразование контраста.

Но для управления контрастом нужно, чтобы каждая из его составляющих была выражена математически через сохраняемые графическим файлом RGB координаты (прочие координаты в графических форматах – экзотика). Ранее уже были обоснованы формулы для оттенка H [9] и для насыщенности S [10]. В настоящей же работе яркость определяется координатой Y из стандартной цветовой координатной системы (ц.к.с.) CIE XYZ, то есть по

формулам ИЕС [11]. Применительно к соседствующим пикселям значения этих цветовых характеристик суть аргументы соответствующих контрастных составляющих $\Delta H = H_j - H_i$, $\Delta S = S_j - S_i$ и $\Delta Y = Y_j - Y_i$. Естественный путь для наращивания контраста – увеличение трёх наибольших аргументов и уменьшение трёх наименьших – в своей алгоритмической реализации обрастает сходу отнюдь не очевидными ограничениями, систематизации которых посвящен следующий раздел статьи. Чтобы разобраться, как надо преобразовывать контраст, придётся обратиться к базовым разделам теории контраста.

III. ОСНОВЫ ТЕОРИИ

При рассмотрении прикладных вопросов контрастного цветопреобразования удобнее всего будет пользоваться следующей упрощённой моделью. Полный визуальный контраст (который, собственно, и ощущают глаза наблюдателя) формируется путём суммирования трёх компонент – они определены как частные контрасты

- визуального контраста оттенков $\eta \cdot \Delta H$,
- визуального контраста насыщенностей $\sigma \cdot \Delta S$,
- визуального контраста яркостей $\upsilon \cdot \Delta Y$.

Здесь буквами η , σ и υ обозначены три видности перцепционных физических (формализуемых, иначе говоря, тем или иным математическим описанием) контраста оттенков ΔH , контраста насыщенностей ΔS и контраста яркостей ΔY . Каждая видность зависит от среднего (по i, j) значения одноимённой перцепционной характеристики цвета сравниваемых i и j пикселей (или фрагментов) изображения, а также от значений двух прочих, или комплементарных, характеристик их цвета: $\eta = \varphi(\hat{H}) : f(S_{ij}, Y_{ij})$, $\sigma = \varphi(\hat{S}) : f(Y_{ij}, H_{ij})$ и $\upsilon = \varphi(\hat{Y}) : f(H_{ij}, S_{ij})$.

Одноимённые функции видности $\varphi(\hat{H})$, $\varphi(\hat{S})$ и $\varphi(\hat{Y})$ в данной статье никак не комментируются, поскольку после контрастирования по любому Δ соответствующая функция φ конвертируется в $\text{Max}(\varphi) = \text{const}$ простым сдвигом всех значений её аргумента. Это прерогатива совсем иного рода процедуры и инструментария для технологии контрастирования – см. физиологический механизм контрастирования [12], – им будет посвящена отдельная работа.

Разноимённые функции видности $f(S_{ij}, Y_{ij})$, $f(Y_{ij}, H_{ij})$ и $f(H_{ij}, S_{ij})$ – также единообразно не отличаются. Очевидно, иногда они могут быть сильно нелинейными, например, в том случае, когда такой функцией аппроксимируется яркостный порог цветовосприятия. В общем случае вид всех трёх разноимённых функций допустимо положить неизвестным.

Заметная систематичность при описании контрастов, проявляющаяся в симметрии выражений, серьёзно ограничивает возможные последовательность и перечень операций, задействованных в процессе конструирования алгоритма контрастирования. А именно, если задаваться целью нарастить полный контраст, нужно увеличивать частные контрасты. И это следует делать так, чтобы не уменьшались их видности η , σ и υ . Чтобы некоторая видность, к примеру σ , не смогла уменьшиться, нужно зафиксировать её аргументы H_{ij} и Y_{ij} . Но, если

зафиксировать их, то станут неприкосновенны и контрасты оттенков ΔH и яркостей ΔY , а это – запрет при контрастировании насыщенностей изменять все прочие (помимо физического контраста ΔS) частные контрасты. По аналогии, применив подобные умозаключения к видности контраста оттенков η и контраста яркостей υ , можно получить возможность обобщения вывода и на остальные компоненты полного контраста, то есть сделанный вывод становится, вообще говоря, достаточно универсальным.

Остаётся резюмировать, что такая информационная подоплёка запрета (на рассмотренном примере) состоит в заметном приращении воспринимаемой наблюдателем графической информации не только за счёт ожидаемого преодоления искомым полным контрастом (с усиленной долей контраста насыщенностей) порога контрастной чувствительности глаза. Но, что осознаётся не сразу, и за счёт сохранения при этом в полном контрасте предельно возможного (если отталкиваться от их исходного уровня) оттеночного и яркостного контрастов. Строго говоря, за счёт сохранения той графической информации, которая отображается двумя этими контрастами. При том вклад в полный объём доступной наблюдателю изобразительной информации будет перераспределяться, естественно, в пользу отображаемой именно управляемым контрастом насыщенностей. То есть, в пользу информации о всякого рода загрязнениях объекта и прочих следах человеческого воздействия на него [10].

Теперь, покончив с информатикой избранных аспектов теории контраста, можно перейти к её технологическому наполнению, собственно, к практике информативного преобразования контрастов. Там по мере необходимости будут обсуждаться конкретные алгоритмы программного контрастирования.

Данные выкладки отнюдь не утверждают, что для роста полного контраста нужно увеличивать только один из трёх частных контрастов ΔH , ΔS или ΔY . Индивидуальное управление частными контрастами – путь, всего лишь гарантирующий математически однозначное изменение нужного визуального контраста применительно к любой паре пикселей у любого изображения. И только потом, в той или иной степени успешно завершив процедуру контрастирование по какой либо уединённой цветовой характеристике, можно раз за разом пытаться улучшать достигнутый на этой стадии результат контрастированием изображения по другой характеристике, по третьей.

Поэтому-то и алгоритмика информационного контрастирования изображений никогда не оперирует тремя характеристиками одновременно – подбирать контрасты до требуемого в каждой конкретной задаче уровня всегда приходится по отдельности. И, пробуя один контраст, нужно, чтобы остальные сохраняли исходные значения с целью предотвратить потерю или извращение изобразительной информации, которая может оказаться актуальной для последующих шагов контрастирования.

Соображения, изложенные выше, можно правомерно распространить и на любые другие, не перцепционные,

характеристики цвета (что несложно показать, – и на любые цветовые координаты). Поэтому в конечном итоге будет полезно формализовать обоснованное положение следующей образом.

ЛЕММА об управлении частными контрастами. Если сохранять исходными значения двух любых характеристик цвета, то при вариации физического контраста третьей характеристики её визуальный контраст будет изменяться однозначно.

Так чисто теоретическая, по сути, разработка вопроса структурной систематизации полного контраста приводит к базовому понятию системного контрастирования (или системного управления контрастами), введённого в рассмотрение, но не формализованного в работе [13]. А в результате формулируется пул системных требований к контрастирующему инструментарию для целей анализа, – это константность прочих (данным инструментом не управляемых) характеристик цвета. Отсюда формируется интерес к тому как в современном графическом ПО это требование выполняется.

Учитывая ранее опубликованные работы по частным оттеночному [9], [13], [14] и яркостному контрасту [6], [15], [16], [17], ниже предполагается проверить Photoshop на соблюдение его штатным инструментом <Saturation> требования сохранять оттенки H и яркости Y всех пикселей изображения. Для этого следует базироваться на изложенных в преамбуле к статье положениях иконики только в плане цветопреобразования.

IV. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧА ИССЛЕДОВАНИЯ

Описанное ниже исследование укладывается в общую канву приложения Photoshop к анализу изображений и ревизии его штатных средств на предмет возможного увеличения ими количества получаемой визуальной изобразительной информации. Подобная проблематика уже актуализировалась ранее как в отечественной, так и в зарубежной литературе [18], [19].

В предыдущей статье, посвящённой этой теме [10], уже был проанализирован спектр недоработок системы управления насыщенностью в ряде прикладных пакетов современной подборки графического программного обеспечения (ПО). Здесь теперь предстоит сосредоточить внимание на ошибках собственно цветопреобразования при вариации цветовой насыщенности.

Цель исследования, практически как и в [10], – в рамках ревизии программных методов и средств контрастного преобразования цвета установить адекватность, либо неадекватность, инструмента <Saturation> применительно к аналитическому развороту компьютерной графики. Чтобы приблизиться к обозначенной цели предстоит экспериментально решить – как минимум одну – задачу, формулируемую в следующем виде.

Задача исследования – изучить работу инструмента <Saturation> с точки зрения эволюции полного и частного контрастов сатурируемых пикселей (и, соответственно, обоих контрастов у формируемых группами пикселей фрагментов изображения). Подразумевается очевидность их максимизации, хотя и обратную ситуацию исключать

из рассмотрения не стоит: задача контрастного анализа может формулироваться как выделение информативного фрагмента на неинформативном фоне, – тогда контрасты элементов фона может стать стоит и минимизировать.

Помимо того, было бы любопытно хоть на примерах попутно соразмерить вклад частных контрастов оттенков ΔH , насыщенностей ΔS и яркостей ΔY в полный контраст. Интерес здесь состоит в том, что контрасты чаще всего имеют разную природу, то есть оказываются мерой [14] для различного рода информации. Неплохо бы также разложить самый популярный алгоритм преобразования цветовой насыщенности (в том числе, естественно, и контрастного) на основе которого был реализован программный инструмент <Saturation>.

V. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Говоря о компьютерной графике, нельзя обойти вниманием наиболее распространённый программный продукт – Photoshop фирмы Adobe. Исследованию была подвергнута сборка CS5.1 (2011). Результаты апробации выборочно перепроверялись в Photoshop v.5.5 (1999), v.10.0 (2007), v.13.0 (2012). По нашим наблюдениям [10] и всем сторонним отзывам точно такую же методологию преобразования насыщенности цвета исповедуют Photo Impact X3 и Roxio Photo Suite (последний, правда, – в слегка урезанном варианте).

Испытывался, естественно, один только программный инструмент <Saturation>, хотя в принципе на значение насыщенности цвета могут так или иначе воздействовать и другие инструменты из богатейшей номенклатуры Photoshop.

У цвета показанной на рис. 1 фигуры инструментом <Saturation> последовательно с единичным шагом менялась насыщенность. Её наращивание производилось в интервале от –100 до момента достижения наибольшей из RGB координат её предельно возможного значения. Такой приём заведомо исключал опасность появления краевых (в данном примере – только на верхней границе диапазона RGB) эффектов. Здесь представлена следующая исходная окраска фигуры: верхнего поля $R=174, G=160, B=160$ ($S=8,05\%$ RED); нижнего поля $R=113, G=142, B=142$ ($S=20,42\%$ CYAN).



Рис. 1. Исходные цвета.

На каждом шаге преобразования цвета замерялись RGB координаты верхней и нижней половин; по формулам

$$Y = K \cdot R + 3 \cdot G + C \cdot B \quad [11]$$

и

$$S = [\text{Max}(RGB) - \text{Min}(RGB)] / \text{Max}(RGB) \quad [10]$$

считались значения яркости и насыщенности. Здесь через $K, 3$ и C обозначены яркостные коэффициенты; а через $\text{Min}(RGB)$; $\text{Max}(RGB)$ – экстремальные значения цветовых координат.

Результаты демонстрируются в виде развёрток – слева направо насыщенность цвета меняется от минимального значения до максимального – см. рис. 2. Визуальность представления процессов цветообразования делает метод развёртывания <Saturation> удобным подспорьем в деле изучения его эволюции. Оцифровка оси развёртки отражает числа в соответствующем окне Photoshop. Исходные (по рис. 1) цвета отвечают нулевой отметке на рис. 2.



Рис. 2. Развёртка <Saturation>.

Вдоль каждой из развёрток на рис. 2 оттенки ни при визуальном способе оценки, ни при вычислении по RGB координатам аналогично [9], не меняются. Насыщенность – нелинейно растёт с $S=8,05\%$ (RED) и $S=20,42\%$ (CYAN) вплоть до $S=53,95\%$ (RED) и $S=100,00\%$ (CYAN), когда <Saturation>=0...+89, либо падает до нуля, когда <Saturation>=0...–100. Такой сценарий и предсказуем, и закономерен. Неожиданность – разницей в поведении их яркостей: надо оценивать эволюции RED и CYAN полей. При переходе слева направо, что на глаз, что по расчётам яркость в верхней развёртке падает с $Y_{\text{верх}}=0,3864$ до $Y_{\text{верх}}=0,2762$, в нижней – растёт с $Y_{\text{нижн}}=0,2122$ до $Y_{\text{нижн}}=0,7874$. Как это следует из приведённых числовых данных, соответствующие приращения отличаются друг от друга не только по значению, но и по знаку.

Поэтому представляет интерес детально разобраться с подобным рода поведением преобразования цветовой насыщенности в перцепционном аспекте. Наблюдаемый на рис. 2 рост яркости нижней полосы при увеличении <Saturation> можно было бы поспешно трактовать, как прямое проявление физиологооптического эффекта Гельмгольца-Кольрауша (ЭГК), обещающего "прирост яркости цвета в процессе усиления его насыщенности" [20]. Первый из парадоксов заключается в том, что верхняя полоса на рис. 2 бесспорно становится темнее. А такой результат, наоборот, однозначной феноменологии ЭГК противоречит категорически, и этот вывод имеет принципиальное значение.

Остаётся предположить, что обе развёртки на рис. 2 демонстрируют влияние не только ЭГК, но и какого то неучтённого ранее фактора, как усиливающего эффект, так и ослабляющего его. Сам этот фактор, скорее всего, однозначен (в обоих случаях с модулем <Saturation> он направлен спутно и действует, по-видимому, на яркость цвета непосредственно). Посему придётся, в конце концов, констатировать, что этот фактор – яркостный сдвиг. В соответствии с выводами III теоретического раздела – сдвиг паразитный. Причиной такого сдвига

может быть только дефект алгоритма программного инструмента <Saturation>, комплектуемого Photoshop.

Оценка обнаруженного дефекта. В процессе контрастирования насыщенностей у пар цветов с очень близкими оттенками оценка для яркостного сдвига вырождается в нуль. У пар, где цвета – дополнительные, она может достигать $\pm 100\%$ (при $H=60^\circ/H=240^\circ$, – случай близкой цветовой гаммы проиллюстрирован ниже). И данные цифры настолько велики, что обусловленный ими паразитный яркостный контраст, может оказаться, начнет преобладать над правомерно обретенным контрастом насыщенностей. Особенно с учётом того, что последний при <Saturation> чаще всего изначально мал, подчас не превосходит порога контрастной чувствительности человеческого глаза, (зачем, впрочем, и наращивается).

Трактовка обнаруженного дефекта. С точки зрения метрологии сдвиг надлежит чётко квалифицировать как инструментальную погрешность программного средства измерительного преобразования насыщенности цвета, которая проявляется в некоррелированном отклонении яркости цвета обрабатываемых пикселей и определяется его значением. Погрешность эта ни коим образом не связана с дискретным представлением RGB координат, в которых (с учётом матричного расположения в файле) содержится вся изобразительная информация.

Происхождение обнаруженного дефекта. Тут важно пояснить два момента.

1. Предпосылка для возникновения яркостного сдвига в исходных данных – это неравнояркость шкалы оттенков, или цветового колеса (Color Wheel), отмечавшаяся ранее в [14].

2. Механизм возникновения яркостного сдвига в штатном алгоритме <Saturation> – это:

- равное удаление значений $\text{Min}(RGB)$ и $\text{Max}(RGB)$ по разные стороны от их среднего арифметического, что наращивает – с учётом знака – насыщенность цвета (в цветности только $\text{Min}(RGB)$ и $\text{Max}(RGB)$ отвечают за S);
- пропорциональная $\text{Max}(RGB)$ подгонка $\text{Med}(RGB)$, что сохраняет оттенок цвета (в цветности только $\text{Med}(RGB)$ отвечает за H);
- при этом уходит в свободное плавание яркость цвета Y .

Приведённые словесные аргументы только выиграют, если их сопроводить формулами. В пакетах Photoshop штатный алгоритм <Saturation> описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \text{Min}'(RGB) = \text{Min}(RGB) - \Delta \\ \text{Med}'(RGB) = \text{Min}(RGB) - \Delta + \\ \quad + [\text{Max}(RGB) - \text{Min}(RGB) + 2\Delta] \times \\ \quad \times [\text{Med}(RGB) - \text{Min}(RGB)] / \\ \quad / [\text{Max}(RGB) - \text{Min}(RGB)] \\ \text{Max}'(RGB) = \text{Max}(RGB) + \Delta, \end{cases}$$

где $\text{Min}(RGB)$, $\text{Med}(RGB)$ и $\text{Max}(RGB)$ – это наименьшая, промежуточная и наибольшая изначальные цветовые координаты пикселя, Δ – их девиация (прирост удаления $\text{Min}(RGB)$ и $\text{Max}(RGB)$ от их арифметического среднего) при контрастном преобразовании насыщенности. Когда $\Delta > 0$, насыщенность растёт, а когда $\Delta < 0$, насыщенность

падает. Девиацию определяют в зависимости от способа изменения насыщенности (бывают способы сдвиговой, пропорциональный, нелинейный [17]), а также – от её шкалирования в окне инструмента <Saturation>. Штрихом помечены наименьшая, промежуточная и наибольшая результирующие цветовые координаты.

Нетрудно сделать вывод, что в этой системе ни одна из формул, ни их совокупность, не гарантирует сохранения яркости Y . Хотя в принципе случай, когда яркость не меняется, возможен, – всё зависит от оттенков цвета сопоставляемых пикселей.

В следующем разделе будет целесообразно и обсудить, и классифицировать самые значимые изобразительные последствия, возникающие от действия обнаруженного яркостного дефекта.

VI. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для того, чтобы судить о роли яркостного дефекта в изобразительной информатике, необходимо начинать с понимания, какими должны быть изображения в разрезе их компьютерной обработки: не какие вообще свойства присущи изображениям; а какие из свойств должны при обработке меняться (и как меняться), а какие – оставаться неизменными (и почему).

В анализе цель компьютерной обработки изображений двуделина. Обработка призвана обеспечить изображению:

- повышение информативности (задача выделения, а в пределе и уединения, информативного фрагмента; задача разделения информативных фрагментов; etc.) и
- сохранение достоверности.

Причём одно свойство редко рассматривается в отрыве от второго. Метаболизм этих свойств (информативности и достоверности) будет проиллюстрирован на примерах обработки изображений.

Исключительно важно, что формулируемые в теории системные требования к управляющему контрастами инструментарию конкретизируют пути именно такого целевого воздействия на свойства изображений в плане их компьютерной обработки. И отступление от системных требований может породить неадекватность воздействия контрастирующего программного инструментария на свойства изображений, – с примерами все пользователи Photoshop, несомненно, сталкивались на практике (чаще всего при обработке специфичной категории растровых изображений – фото). В этой статье, естественно, многие дефекты ПО не обсуждаются, а весь ряд перцепционных контрастов сводится к одному контрасту насыщенностей и характерному яркостному дефекту; определяемой ими изобразительной информации. Последующая проекция всего изложенного выше материала с позиций иконоки на информационные аспекты оптики [21] выстраивается краткими тезисами.

Изучив в предыдущем разделе особенности вариации насыщенности, время переходить к тому, как результат этой вариации отражается на контрасте насыщенностей. Нелишне повторить, носитель формной изобразительной информации – это контраст. Носитель следов воздействия на объект, что природного, что антропогенного, – по материалам работы [10], – это

контраст насыщенностей. Если первый из обсуждаемых в статье парадоксов – это парадокс, который соотносится с эволюцией цветовых характеристик, то следующий – это парадокс, который соотносится с эволюцией цветовых контрастов.

И здесь, исходя из вышеприведённых числовых оценок яркостных приращений на развёртках рис. 2, в частности из их различия по знаку, вводится в рассмотрение второй – контрастный – парадокс. Он заключается в том, что при использовании Photoshop увеличение насыщенности* может сопровождаться понижением контраста яркостей, следствием чего вопреки всякой пользовательской логике может стать никакое не повышение полного контраста изображения, а его понижение. Со всеми вытекающими последствиями в виде уменьшения объёма переносимой полным контрастом изобразительной информации. О происхождении второго – контрастного – парадокса: оно кроется в яркостном дефекте, объясняемом тем, что при <Saturation> в Photoshop яркость может непредсказуемо уплыть. Это сразу наводит на мысль о возможности её восстановления добавкой соответствующей операции в алгоритм <Saturation>.

Когда явление уже определено, становится насущным препарировать второй – контрастный – парадокс. Таким образом выясняется, что причина подобного поведения полного контраста – конкуренция частных контрастов яркостей и насыщенностей. Конкуренция возникает в том числе благодаря разным знакам градиента яркостного контраста и контраста насыщенностей. С точки зрения оптики информационной актуален, однако, не тот случай, когда сами противодействующие контрасты ΔH и ΔY равны по модулю, а тот случай, когда оказываются равны соответствующие визуальные контрасты $\eta \cdot \Delta H$ и $\nu \cdot \Delta Y$. Ибо в такой ситуации полный контраст однозначно будет падать и может в своём падении оказаться ниже порога контрастной чувствительности глаза – переносимая им изобразительная информация утрачивается. И картина либо теряет информативность (становятся неразличимы значимые фрагменты), либо достоверность (становится неразличима периферия). Посему представляет интерес прикинуть пути преодоления конкуренции контрастов в эксперименте.

Для этого, взяв за основу развёртку рис. 2, на всех её шагах яркости верхнего и нижнего полей приводятся к своим исходным (рис. 1) значениям: $Y_{\text{верх}}=0,3668$ (RED); $Y_{\text{нижн}}=0,2481$ (CYAN). RGB координаты цвета для каждого из приведённых значений яркости вычислялись методом пересчёта via ц.к.с. CIE XYZ и Lab аналогично расчётам [13], исходя из соотношения яркостей каждого поля до и после воздействия <Saturation>. Погрешность расчётной подгонки яркости определялась исключительно 8-битной дискретизацией RGB координат. В данном опыте она не превышала 1%.

Если теперь свести вплотную друг к другу новые RED и CYAN развёртки, получится рис. 3 с реальной линией раздела полей и выраженным пограничным контрастом.



Рис. 3. Развёртка <Saturation> с восстановлением яркости.

При непосредственном рассмотрении рис. 3 ход новых развёрток ЭГК не противоречит: верхняя развёртка уже демонстрирует рост визуальной яркости с увеличением насыщенности. Итак, первый – характеристический – парадокс устраняется подавлением яркостного дефекта путём компенсации паразитного яркостного сдвига, обретаемого цветом в результате <Saturation>.

Но наибольший для обсуждения интерес представляет рассматривать рис. 3 в сравнении с рис. 2. Сопоставление развёрток на рис. 2 и рис. 3 даёт радикальное отличие: на первом наблюдается обращение яркостей, на втором – нет. Сопутствующие визуальные эффекты тоже удобнее будет систематизировать в сравнительном рассмотрении.

Элементы феноменологии второго – контрастного – парадокса. Обращению яркостей соответствует эффект инверсии (смены знака) яркостного контраста. Частный случай обращения яркостей – это эффект их уравнивания на определённой стадии развития процесса обращения. Этому очень важному случаю соответствует очевидное обнуление яркостного контраста. Далее предполагается ещё и проиллюстрировать как эти феномены трактуются в изобразительной информатике.

Подводя итог результатам исследования и переходя к их обсуждению и иллюстрации аргументов, можно сделать промежуточный вывод. Поскольку характеристически не парадоксальный рис. 3 выполнен с приведением яркости к исходному значению, то по-видимому, правильно будет управлять цветовой насыщенностью, полагаясь именно на такую структурную модель алгоритма управления. А судить о значимости выявленных недостатков ПО стоит, сверяя их с опубликованными ранее. В то время, как для целей оттеночного контрастирования яркостный дефект, описанный в [14], – это неустранимое* затруднение, для целей контрастирования насыщенностей – это всего лишь тривиальный недосмотр программистов Adobe.

Теперь пришёл черёд назвать и обсудить порождаемые феноменами второго – контрастного – парадокса ошибки с позиций восприятия изобразительной информации. Обращение/уравнивание яркостей и инверсия/обнуление яркостного контраста ведут изображение:

- к утрате информации (её иллюстрируют рис. 4, 5 и 6);
- к искажению информации (его иллюстрирует рис. 7), включая последствия информационных неприятностей – изобразительные артефакты. Причём речь здесь идёт о конкретной части изобразительной информации – той которая очень даже хорошо различается невооружённым глазом изначально.

*и контраста насыщенностей, поскольку инструмент <Saturation> в Photoshop имеет только Real Saturation Mode [10].

*если исключать выход за пределы RGB или ограничение работоспособности алгоритма.

Обе опасности ухудшения информационных свойств при обработке изображений можно описать и вербально, однако, оптика – наука об изображениях. Глупо было бы не использовать эту особенность излагаемого материала. Ниже стоит сосредоточиться лишь на анализе артефактов.

Обработка изображений в результате недосмотра за Photoshop может приводить к опасностям двух видов с точки зрения неадекватности переноса информации из исходного изображения в результирующее изображение. Первую из проблем демонстрирует рис. 4 (моделируя ситуацию, надо подчеркнуть, что её не стоит соотносить с реальным событием какого либо правонарушения). Для



Рис. 4. Сверху исходное изображение, снизу – обработанное инструментом <Saturation>=93.

наглядности формирующие исходное изображение цвета были подобраны так, чтобы и их оттенки, и их яркости в пределах каждого фрагмента варьировались как можно слабее; чтобы были близки яркости фрагментов. Это даёт наблюдателю возможность отождествлять остающийся контраст цветовых насыщенностей, как наибольший, с ощущаемым им визуальным полным, или совокупным, контрастом.

На исходном изображении хорошо читается фоновый логотип российских железных дорог. Правда, по центру довольно таки симметричной картины многие буквы почему то отсутствуют. Возможно, они скрыты пятном

неизвестного происхождения. Чтобы точнее установить сам факт и, по возможности, природу предполагаемого загрязнения, в первую очередь целесообразно усилить цветовую насыщенность изображения.

Результат, полученный с помощью Photoshop, даёт определённую ясность в этом вопросе (если уж вдаваться в криминалистические подробности, то будет логично склониться в пользу заключения, что это пятно крови, а не, допустим, красного виноматериала, ибо в последнем случае загрязнение было бы более или менее прозрачно, в первом – нет). В данном случае логотип через пятно «не просвечивает».

Однако, более внимательное рассмотрение нижнего изображения поражает исчезновением РЖД-логотипа с периферии фоновой подложки, не затронутой пятном. В видимой утрате надписи и состоит артефакт обработки на рис. 4. Это значит, результате обработки определённая часть изобразительной информации оказалась для глаза просто потерянной. В подтверждение такого вывода на рис. 5 приведён результат обработки исходного файла без присущего <Saturation> в Photoshop яркостного дефекта.



Рис. 5. Насыщенность исходного изображения повышена в $M=10,8$ раз.

Оговоримся, результирующие насыщенности красного пятна у обоих сопоставляемых изображений в пределах погрешности $\pm 0,2\%$ дискретизации RGB координат равны (значение M для того и подбиралось), а результирующие насыщенности подложки – чуть-чуть различаются: $\pm 2\%$. Причина отличия состоит в том, что алгоритм управления насыщенностью, использованный для рис. 5, – линейный, а в Photoshop – нет [10]. Разница для целей настоящей работы не принципиальна.

Как видим, при системном преобразовании контраста насыщенностей и пятно проявилось ничуть не хуже, чем в Photoshop, и все исходно читаемые логотипы остались на своих местах. Итак, второй – контрастный – парадокс тоже устраняется подавлением яркостного дефекта.

Не стоит волноваться, что приведённое на рис. 4, рис. 5 изображение – модельное. Артефакт характерен и для обработки современной многопиксельной фотографии,

где подобное выпадение фрагментов отнюдь не экзотика. И то, что артефакт подчас оказывается не замеченным, – вопрос лишь его значимости для нужд наблюдателя. Это, кстати говоря, акцентировалось ещё во введении, когда латентная изобразительная информация обсуждалась в купе с возможными оценками её актуальности.

Между прочим, цвета фона и цвет выпадающей при использовании Photoshop надписи, не так уж и сильно отличаются от расцветки флотского камуфляжа. В этом легко убедиться, сравнивая исходное изображение на рис. 4 с фотоснимком причальной стенки HMNB Devonport, Корнуолл, Англия, сохранённым из сервиса Google Maps на рис. 6.



Рис. 6. Royal Navy Trafalgar SSNs.

Систематизируя опыт подобных наблюдений, можно заключить, что именно ненасыщенные, серые на глаз фотографии чаще несут латентную изобразительную информацию, которую потом удастся актуализировать с помощью компьютерной технологии контрастирования цветовых насыщенностей. Потребность контрастировать цветастые снимки встречается несколько реже – наверное поэтому Photoshop соответствующим инструментарием и не оснащён. Детально техника управления контрастом насыщенностей таких «перенасыщенных» фотографий изложена в [10].

Продемонстрировав первую опасность яркостного дефекта – утрату изобразительной информации – нельзя упускать из виду вторую, потенциально много более неприятную проблему – искажение изобразительной информации. Пример такого, операционного, искажения демонстрируется на рис. 7. Некоторые ограничения на формат иллюстраций позволяют вставить ниже не целую картину, а только её наиболее информативный фрагмент. В результате оставшееся поле оказывается слишком мало. Оно с учётом ракурса съёмки уже не вмещает источник жёлтого рефлекса, локализуемого на левой стенке контейнера. Последний, по-видимому, окрашен в цвет серой гаммы, но не ахроматический, а с еле заметным синим оттенком. Судя по исходному изображению, одно только можно сказать с уверенностью: боковая стенка (слева) заметно темнее торцевой (справа).

На исходном изображении маркировка 40ft грузового контейнера, нанесённая с его торцевой (левой) стороны,

частично перекрывается запорными устройствами, вследствие чего читается не полностью – заэкранированы по одной букве и цифре в коде владельца и серийном номере контейнера. Следовательно, доказательной силы такое изображение практически нигде не имеет. Однако



Рис. 7. Сверху исходное изображение, снизу – обработанное инструментом <Saturation>=100.

известно, что по правилам Морского регистра вся эта маркировка должна быть продублирована на боковой (правой) стенке контейнера. И то, что на исходном изображении она глазу не видна, совсем не означает, что её там нет. Чтобы установить как сам факт двойной нумерации, так и недостающие знаки, имеет смысл на самой ранней стадии контрастного анализа попробовать усиление цветовой насыщенности изображения.

То, что в обработанном изображении маркировка всё таки проявилась – результат ожидаемый (на транспорте маркировка может быть утрачена только при ремонте контейнера, а его частичная перекраска не практикуется). Теперь нужно акцентировать внимание на более тонких вопросах интерпретации обретенной изобразительной информации – анализе засветки. Исходно объект освещён слева, а судя по обработанному изображению – справа. А

ведь азимут засветки может служить идентификатором времени суток, когда проводилась съёмка. В этом аспекте сравнение исходного изображения с результирующим приводит эксперта к явному противоречию.

Уточнение в цифрах даёт: для оригинала усреднённая яркость слева равна 0,13; справа 0,21, в то время как для результата картина обратная – яркость слева 0,41; справа 0,06 единиц sRGB. Получилась инверсия яркостного контраста. Подчёркивая, что данное (рис. 7) изображение с каким либо реальным нарушением закона не связано, а все совпадения – случайны, необходимо заключить, что реализуемое операционно обращение контраста может давать весьма существенное искажение изобразительной информации. Это грозит сомнениями даже относительно вполне правомерных результатов экспертизы, в худшем же случае – обвинениями в ошибках при производстве экспертизы и неприятием её результатов в целом.

Возвращаясь к контрастному цветообразованию, как таковому, резюмировать его пример на рис. 7 нужно так. Причина выявления изобразительной информации – проявления номера – одна. Это повышение контраста насыщенностей при <Saturation>. Причина искажения изобразительной информации – путаницы в вопросах засветки – другая. Это яркостный дефект при всё том же несистемном <Saturation>. Артефакт обработки на рис. 7 состоит в видимой смене азимута засветки снимаемого объекта. Эффект инверсии яркостного контраста при дефектном <Saturation> можно было бы счесть и третьим парадоксом, если бы, рассуждая логически, его нельзя было интерпретировать более простым способом – как развитие второго.

Все проделанные (частично они описаны в этой статье) эксперименты с вариацией контраста насыщенностей можно завершить ещё одним любопытным обобщением. В полном контрасте вес контраста яркостей над весом контраста насыщенностей превалирует. Этот факт, кстати, вполне укладывается в классические представления [22], что человек способен различить 600 яркостей и только 10 насыщенностей, обоснованные ранее вне контрастной методологии. И из этого факта проистекает следующее предостережение на будущее всем тем, кто анализирует изобразительную информацию практически. Малейшая неточность в яркостном контрасте может стоить больше, чем существенное отклонение контраста насыщенностей, особенно в таких случаях, когда полному контрасту ещё надлежит преодолеть порог чувствительности глаза.

VII. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инструменту <Saturation> всех программных пакетов, базирующихся на алгоритме Photoshop, свойственна одна погрешность, относящаяся к не контрастируемой с его помощью цветовой характеристике – яркости цвета. Как следствие, использование этого инструмента чревато ошибками (минимум, затруднениями) в интерпретации результатов контрастирования цветовой насыщенности изображений. Поэтому автоматическое распространение правомерности использования такого <Saturation> от изначальной функции рисования (синтеза изображений),

где он безусловно адекватен, на аналитические задачи компьютерной графики неприемлемо.

Такие выводы ставят под вопрос как допустимость экспертного применения самого инструмента, так и (с учётом критики, прозвучавшей, к примеру, в работе [14]) программного продукта в целом. Можно лишь пожалеть о недостаточно критическом подходе к Photoshop в прикладных изданиях, например [18], [19], где этот пакет, явно или неявно, предполагается базовым программным обеспечением. А ведь подобная литература фактически и посвящена предельно корректному – экспертного уровня – анализу изобразительной информации.

Планируя направление дальнейших работ в границах заявленной проблематики резонно заложить характерный репер. При легализации Photoshop для целей визуального анализа изображений, надо исправить базовый алгоритм его <Saturation> введением дополнительной процедуры возврата яркости сатурированных пикселей к исходному значению. Вдобавок к реализации принципа управления насыщенностью в Inverse Saturation Mode и в Complex Saturation Mode, изложенному в [10].

К тому же, становится всё более очевидна насущность масштабного исследования точности средств управления цветовой насыщенностью во всём спектре современного графического ПО. Притом особый акцент следует ставить на анализ не контрастируемых (данным инструментом) характеристик цвета.

Напоследок стоит заметить, что изложенный выше материал относится сугубо к RGB Mode программных пакетов Adobe Photoshop. К их штатным инструментам, позволяющим контрастировать насыщенности в Lab Mode тоже есть претензии, но эта тема вряд ли позволит уложиться в подобающий статье объём.

ACKNOWLEDGMENT

Автор благодарит Б.С. Ринкевичюса (МЭИ, Москва) и Н.М. Зотова (ВолгГТУ, Волгоград) за всестороннее обсуждение материала и критические замечания; В.Г. Тункина (МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва) за внимание к работе.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Мирошников М.М. и др. Иконика в физиологии и медицине. – Л.: Наука, 1987. 392 с.
- [2] Palmer S.E. Vision Science: Photons to Phenomenology. – Cambridge: MIT Press, 1999. 832 p.
- [3] Железняков В.Н. Цвет и контраст. Технология и творческий выбор: Учебное пособие. – М.: ВГИК, 2001. 286 с.
- [4] Гришин В.Г. Образный анализ экспериментальных данных. – М.: Наука, 1982. 238 с.
- [5] Винкельман И.И. История искусства древности. – СПб.: Алетейя, 2000. 800 с.
- [6] Боровкова А.О., Чмутин А.М. Управление яркостью изображений в фотографии, в телевидении, в компьютерной графике. Часть 1. // Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2013. №3(28). 6 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/attachments> (дата обращения: 03.08.2018).
- [7] Рвачева О.В., Чмутин А.М., Шарипов Р.Р. Спецпрактикум. / Под ред. А.М. Чмутина. – Волгоград: ВолГУ, 2012. 48 с., илл. Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/930829/> (дата обращения: 18.10.2018).
- [8] Чмутин А.М., Шарипов Р.Р. Феномен JPEG-структуры цифрового фотографического изображения и ее свойства. // Известия ВолгГТУ. Актуальные проблемы управления, вычислительной

- техники и информатики в технических системах. 2012. № 10(97). Вып. 14. С. 105-108. Режим доступа: <http://www.vstu.ru/nauka/izdaniya/izvestiya-volggtu/arkhiv-vypuskov/aktualnye-problemy-upravleniya-vychislitelnoy-tehniki-i-informatiki-v-tekhnicheskikh-sistemakh/2012-10.pdf> (дата обращения: 03.08.2018).
- [9] Андропова Н.Е., Гребенюк П.Е., Чмутин А.М. Алгоритм и программная реализация управления оттеночным контрастом цифровых изображений. // Инженерный вестник Дона. 2016. № 4. 14 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3783> (дата обращения: 03.08.2018).
- [10] Бондарь О.В., Чмутин А.М. Насыщенность цвета, контраст насыщенностей и переносимая ими изобразительная информация. // Современные научные исследования и инновации. 2018. № 3. 15 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2018/03/85975> (дата обращения: 03.08.2018).
- [11] IEC/4WD 61966-2-1. Multimedia Systems and Equipment. Colour Measurement and Management. Part 2-1. Default RGB Colour Space – sRGB. – Geneva: IEC Publ., 1999. 54 p.
- [12] Боровкова А.О., Чмутин А.М. Управление яркостью изображений в фотографии, в телевидении, в компьютерной графике. Часть 2. // Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2013. №3(28). 7 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/attachments> (дата обращения: 03.08.2018).
- [13] Гребенюк П.Е., Чмутин А.М., Чуйко В.А. Алгоритм преобразования контраста оттенков в цветовом пространстве Lab. // Известия вузов. Приборостроение. 2018. Т. 61. № 1. С. 71-77. DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-1-71-77. Режим доступа: <http://pribor.ifmo.ru/ru/article/17420> (дата обращения: 03.08.2018).
- [14] Гребенюк П.Е., Чмутин А.М. Оттеночный сдвиг и яркостный контраст: парадоксы PhotoShop. // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 8. 9 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2016/08/70870> (дата обращения: 03.08.2018).
- [15] Боровкова А.О., Рвачева О.В., Чмутин А.М. Управление яркостным контрастом: от телевидения к компьютерной графике. // Журнал радиоэлектроники. 2012. №2. 10 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/jre/feb12/7/text.pdf> (дата обращения: 03.08.2018).
- [16] Боровкова А.О., Чмутин А.М. Управление яркостью изображений в фотографии, в телевидении, в компьютерной графике. Часть 2. // Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2013. №3(28). 7 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/attachments> (дата обращения: 03.08.2018).
- [17] Рвачёва О.В., Чмутин А.М. Управление яркостью в компьютерной графике: нелинейный аспект. // Инженерный вестник Дона. 2017. № 1. 12 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3974> (дата обращения: 03.08.2018).
- [18] Reis G. Photoshop CS3 for Forensics Professionals. – Indianapolis: Wiley, 2007. 252 p.
- [19] Четверкин П.А. Методы цифровой обработки слабовидимых изображений при технико-криминалистической исследовании документов. – М.: ЮРЛИТИНФОРМ, 2009. С. 147.
- [20] Helmholtz H. Treatise on Physiological Optics. Vol. 3. The Perceptions of Vision. – Rochester: JOSA, 1925. 736 p.
- [21] Ринкевичюс Б.С. и др. Информационная оптика. / Под ред. Н.Н. Евтихиева. – М.: Изд-во МЭИ, 2000. 612 с.
- [22] Кравков С.В. Цветовое зрение. – М.: Изд-во АН СССР, 1951. 176 с.

Saturation Contrast and Brightness Shift: Photoshop Paradoxes

A.M. Chmutin

Abstract – The essence, structure and components of full graphic contrast are considered within the informational paradigm. Basic tenets of graphic contrast information theory are stated. Concepts of visual and physical contrasts; of homogeneous and heterogeneous physical contrasts visibility functions are introduced. Lemma on the partial contrasts control is proved. As a result the system requirements to control visual perceptual contrasts are established. From this point of view, the work of the Photoshop software package contrasting toolkit has been investigated. It is shown that its <Saturation> tool in RGB Mode does not meet system requirements. The algorithm of saturation contrast conversion by similar tools is formulated. When comparing the evolution of such transformation results with those, predicted within the framework of color saturation classical phenomenology, an algorithm defect is detected – the destructive brightness shift. Its evaluation is completed, causes and conditions of its appearance are identified. Artifacts generated by the brightness defect are demonstrated and analyzed. A way to correct errors of the disclosed algorithm is proposed. The information transferred with the saturation contrast and with the contrast caused by brightness defect is compared. Practical recommendations on the contrast image analysis in the expert field are offered. The utility of Photoshop for image synthesis and image analysis problems is estimated and the direction of further efforts is outlined.

Keywords – algorithmic errors, brightness shift, contrast enhancement, expert applications, graphic information analysis, image artifacts, perceptual color coordinate system, saturation contrast, saturation transform mechanisms.

REFERENCES

- [1] Miroshnikov M.M. i dr. Ikonika v fiziologii i medicine. – L.: Nauka, 1987. 392 s.
- [2] Palmer S.E. Vision Science: Photons to Phenomenology. – Cambridge: MIT Press, 1999. 832 p.
- [3] Zheleznjakov V.N. Cvet i kontrast. Tehnologija i tvorcheskij izbor: Uchebnoe posobie. – M.: VGIK, 2001. 286 s.
- [4] Grishin V.G. Obraznyj analiz jeksperimental'nyh dannyh. – M.: Nauka, 1982. 238 s.
- [5] Vinkel'man I.I. Istorija iskusstva drevnosti. – SPb.: Aletejja, 2000. 800 s.
- [6] Borovkova A.O., Chmutin A.M. Upravlenie jarkost'ju izobrazhenij v fotografii, v televidenii, v komp'juternoj grafike. Chast' 1. // Internet-vestnik VolgGASU. 2013. #3(28). 6 s. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.vestnik.vgasu.ru/attachments> (data obrashhenija: 03.08.2018).
- [7] Rvacheva O.V., Chmutin A.M., Sharipov R.R. Specpraktikum. / Pod red. A.M. Chmutina. – Volgograd: VolGU, 2012. 48 s., ill. Rezhim dostupa: <http://www.twirpx.com/file/930829/> (data obrashhenija: 18.10.2018).
- [8] Chmutin A.M., Sharipov R.R. Fenomen JPEG-struktury cifrovogo fotograficheskogo izobrazhenija i ee svojstva. // Izvestija VolgGTU. Aktual'nye problemy upravlenija, vychislitel'noj tehniki i informatiki v tehniceskikh sistemah. 2012. # 10(97). Vyp. 14. S. 105-108. Rezhim dostupa: <http://www.vstu.ru/nauka/izdaniya/izvestiya-volggtu/arkhiv-vypuskov/aktualnye-problemy-upravleniya-vychislitel'noy-tehniki-i-informatiki-v-tehniceskikh-sistemakh/2012-10.pdf> (data obrashhenija: 03.08.2018).
- [9] Andronova N.E., Grebenjuk P.E., Chmutin A.M. Algoritmi i programmaja realizacija upravlenija ottenochnym kontrastom cifrovych izobrazhenij. // Inzhenernyj vestnik Dona. 2016. # 4. 14 s. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2016/3783> (data obrashhenija: 03.08.2018).
- [10] Bondar' O.V., Chmutin A.M. Nasyshhennost' cveta, kontrast nasyshhennostej i perenosimaja imi izobrazitel'naja informacija. // Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii. 2018. # 3. 15 s. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://web.snauka.ru/issues/2018/03/85975> (data obrashhenija: 03.08.2018).
- [11] IEC/4WD 61966-2-1. Multimedia Systems and Equipment. Colour Measurement and Management. Part 2-1. Default RGB Colour Space – sRGB. – Geneva: IEC Publ., 1999. 54 p.
- [12] Borovkova A.O., Chmutin A.M. Upravlenie jarkost'ju izobrazhenij v fotografii, v televidenii, v komp'juternoj grafike. Chast' 2. // Internet-vestnik VolgGASU. 2013. #3(28). 7 s. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.vestnik.vgasu.ru/attachments> (data obrashhenija: 03.08.2018).
- [13] Grebenjuk P.E., Chmutin A.M., Chujko V.A. Algoritmi preobrazovanija kontrasta ottenkov v cvetovom prostranstve Lab. // Izvestija vuzov. Priborostroenie. 2018. T. 61. # 1. S. 71-77. DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-1-71-77. Rezhim dostupa: <http://pribor.ifmo.ru/ru/article/17420> (data obrashhenija: 03.08.2018).
- [14] Grebenjuk P.E., Chmutin A.M. Ottenochnyj sdvig i jarkostnyj kontrast: paradoksy PhotoShop. // Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii. 2016. # 8. 9 s. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://web.snauka.ru/issues/2016/08/70870> (data obrashhenija: 03.08.2018).
- [15] Borovkova A.O., Rvacheva O.V., Chmutin A.M. Upravlenie jarkostnym kontrastom: ot televidenija k komp'juternoj grafike. // Zhurnal radioelektroniki. 2012. #2. 10 s. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa:

<http://jre.cplire.ru/jre/feb12/7/text.pdf> (data obrashhenija: 03.08.2018).

[16] Borovkova A.O., Chmutin A.M. Upravlenie jarkost'ju izobrazhenij v fotografii, v televidenii, v komp'juternoj grafike. Chast' 2. // Internet-vestnik VolgGASU. 2013. #3(28). 7 s. [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.vestnik.vgasu.ru/attachments> (data obrashhenija: 03.08.2018).

[17] Rvachjova O.V., Chmutin A.M. Upravlenie jarkost'ju v komp'juternoj grafike: nelinejnyj aspekt. // Inzhenernyj vestnik Dona. 2017. # 1. 12 s. [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3974> (data obrashhenija: 03.08.2018).

[18] Reis G. Photoshop CS3 for Forensics Professionals. – Indianapolis: Wiley, 2007. 252 p.

[19] Chetverkin P.A. Metody cifrovoj obrabotki slabovidimyh izobrazhenij pri tehniko-kriminalisticheskoj issledovanii dokumentov. – M.: JuRLITINFORM, 2009. S. 147.

[20] Helmholtz H. Treatise on Physiological Optics. Vol. 3. The Perceptions of Vision. – Rochester: JOSA, 1925. 736 p.

[21] Rinkevichjus B.S. i dr. Informacionnaja optika. / Pod red. N.N. Evtihieva. – M.: Izd-vo MJeI, 2000. 612 s.

[22] Kravkov S.V. Cvetovoe zrenie. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1951. 176