

Содержание:

image not found or type unknown



Введение

Теоретические основы цветовоспроизведения были заложены задолго до появления компьютеров и лучше всего разработаны для классической автотипии (офсетной печати). Неудивительно, что многие методы измерения и термины по-прежнему используются в современных устройствах, хотя их принцип работы часто абсолютно иной. Примерно это и случилось с основным термином, используемым для описания тонопередачи.

Итак, растискивание — эффект приращения плотности печатного растра, возникающий вследствие физического увеличения площади печатных элементов (растекания, «раздавливания» красителя), а также оптического эффекта светорассеяния в материале.

К счастью, оба процесса неразделимы как визуально, так и при обычном аппаратном измерении. Далее мы не будем отдельно рассматривать физическое и оптическое растискивание, а станем говорить о них как о едином эффекте. Это не значит, что измерение только физического растискивания бесполезно, просто оно менее востребовано.

В «докомпьютерную» эпоху растискивание измерялось как разница между плотностью растра на печатной форме и фактической плотностью запечатывания. Если на форме растровое поле плотностью 50%, а в печати оно получилось 65%, то растискивание составляет 15%. Растискивание неодинаково на разных участках тонового диапазона. Наибольшее приращение плотности растра будет наблюдаться в средних тонах.

Природа растискивания такова, что оно зависит от размера и формы печатного элемента — точки растра. При разных линиатурах и даже формах растровой точки на одной и той же печатной машине будет разное растискивание! Аналогично при использовании гибридных растров можно получить неожиданную тонопередачу. Это означает, что теоретически в настройках цветоделения должны быть учтены и

линиатура, и форма растровой точки. Возникает вопрос: «Каким образом? Ведь ни в одной графической программе таких установок нет?!» Очевидно, более точным заданием тоновой кривой. Но для начала вспомним, как измеряется тонопередача, и как она описывается в современных графических пакетах.

1. Величина видеосигнала, единицы IRE и цифровые значения

Кажется, что может быть очевиднее: черный - самый темный из возможных цветов; белый - самый светлый. Однако так их воспринимают не все аппаратные и программные средства для работы с видео. Очень часто в них допускаются значения темнее черного и светлее белого, что в ряде ситуаций обеспечивает большую надежность. Следовательно, в разных системах используются различные значения черного и белого.

Такие различия создают множество сложностей для видеомонтажеров и художников, которые в процессе производства пользуются разнообразными инструментальными средствами. В изображении без всякой видимой причины могут сместиться относительные значения яркости и контрастности. Проблема усугубляется отсутствием точной информации о том, как нужно обращаться с такими смещениями. Но если их игнорировать, в конечном счете можно получить блеклое изображение или недопустимые цвета.

Поэтому необходимо иметь представление о том, как в разных системах определяются значения черного и белого и как их следует преобразовывать друг в друга. Чтобы разобраться в этих вопросах, вначале понадобятся определенные умственные усилия, которые безусловно оправдаются в дальнейшем.

Иногда путают цифровые значения яркости, о которых идет речь в настоящей статье, с аналоговыми величинами яркости, которые выражаются в единицах IRE (Institute of Radio Engineers). Действительно, и те и другие являются способами представления черного и белого. Но они относятся к разным областям, и их нельзя применять одни вместо других.

Для аналоговых видеосигналов опорный электрический уровень, представляющий белое, обычно определяется как 100 IRE, причем сами электрические уровни практически одни и те же независимо от формата. Электрический уровень черного зависит от используемого видеоформата и даже от

страны, в которой вы находитесь. В системах PAL и японской версии NTSC черное всегда определяется как 0 IRE. В Северной Америке для композитного видеосигнала NTSC используется электрический уровень 7,5 IRE, иногда называемый установочным. Для компонентного видеосигнала в Северной Америке черное может быть представлено значениями 0 или 7,5 IRE. Как показывает наш опыт, чаще встречается 7,5.

Модули аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования вашей видеоплаты или деки в состоянии определить, как нужно преобразовывать значения яркости между этими двумя представлениями. Например, если установлена настройка 0 IRE, а выходной поток данных после оцифровки удовлетворяет спецификации 601, то видеосигнал с уровнем 0 IRE преобразуется в значение 16, а видеосигнал с уровнем 100 IRE - в 235. Там, где сигнал превышает 100 IRE, получатся значения больше 235.

Если бы тот же поток данных оцифровывался с помощью аппаратуры, настроенной на 7,5 IRE, то значение 16 получилось бы для видеосигнала, равного 7,5 IRE, а значение 235 - для сигнала с уровнем 100 IRE. У большинства видеомонтажных систем имеется переключатель 0/7,5 IRE, но в некоторых из них (например, в Media100) это опорное значение фактически изменяется только на выходе, а на входе всегда поддерживается уровень 7,5 IRE для систем NTSC.

Некоторые ошибочно полагают, что диапазон яркостей от 16 до 235 означает, что использовалась настройка 7,5 IRE, но это не так. Например, значение 16 задает уровень черного в любой системе с настройкой 0 IRE, включая PAL и японский NTSC. Допустим, что видеозапись выполнена с настройкой 7,5 IRE, но потом оцифрована аппаратурой, в которой черным считается 0 IRE, а затем передана через кодек, в котором черный видеосигнал растягивается вниз до численного значения 0. Тогда в выходной записи, имеющей настройку 7,5 IRE, черное действительно примет значение около 16 - но лишь потому, что кто-то сделал ошибку.

Можно представить себе, сколько разных комбинаций может возникнуть, если не следить за соответствием между диапазонами яркости сигнала в цифровом и аналоговом представлениях по всей производственной цепочке. Поэтому важно проверять, какое определение яркости используется в каждом звене этой цепочки, и в нужных случаях выполнять соответствующие преобразования.

Если вы имеете дело с кодеком, в котором общепринятый внутренний диапазон значений 16-235 растягивается в диапазон 0-255 для программной обработки,

нужно быть особенно осторожным при оцифровке ленты и проследить, чтобы в исходном материале не происходило регулярное превышение уровня 100 IRE, - иначе сигнал в таких местах будет позже просто обрезан кодеком. Для этого необходимо правильно настроить входной усилитель, который может быть как внешним, так и встроенным в саму монтажную систему.

Как определить, при каком опорном уровне была записана видеолента - 0 или 7,5 IRE? Последите за осциллографом в процессе ввода и за индикаторами уровня сигналов цвета. Отметьте, до какого минимального уровня опускается сигнал изображения. Если в вашей системе осциллографа нет, можно воспользоваться таким ненаучным методом: посмотрите на цветовые полосы в тестовой картинке, а именно на три узкие полосы PLUGE (Picture Line-Up Generator) в правом нижнем углу. Средняя из этих трех полосок отображает опорный черный цвет. Соседние полоски соответствуют уровням на 4 IRE ниже и выше опорного черного.

Теоретически вам нужно настроить монитор так, чтобы центральная опорная полоска и находящаяся рядом с ней более темная сливались друг с другом. Этим вы обеспечите соответствие черного в видеосигнале черному на экране монитора. На практике же многие мониторы, которые мне встречались, по умолчанию настроены на более высокую яркость. Поэтому если вы видите все три полоски, то вполне вероятно, что данная запись выполнялась при 7,5 IRE, а более темная полоска соответствует 3,5 IRE. Если же вы видите одну полоску двойной ширины и одну более светлую, то сигнал мог быть записан при 0 IRE, и тогда более темная полоска слилась со средней.

Такой подход не очень надежен (вдруг ваш монитор на самом деле откалиброван правильно), но если других идей нет, какой-то ключ к отгадке может дать и она. Чтобы гадать приходилось меньше, мы стали помечать все свои записи как сделанные при 0 или 7,5 IRE. Это полезная практика. Вам не только стоит самому ее придерживаться, но и поощрять к этому тех, с кем вы работаете.

2. Динамический диапазон камеры и чем он определяется

Динамический диапазон или фотографическая широта фотоматериала – это отношение между максимальным и минимальным значениями экспозиции, которые могут быть корректно запечатлены на снимке. Применительно к цифровой

фотографии, динамический диапазон фактически эквивалентен отношению максимального и минимального возможных значений полезного электрического сигнала, генерируемого фотосенсором в ходе экспонирования.

Динамический диапазон измеряется в ступенях экспозиции (EV). Каждая ступень соответствует удвоению количества света. Так, например, если некая камера имеет динамический диапазон в 8 EV, то это означает, что максимальное возможное значение полезного сигнала её матрицы относится к минимальному как 28:1, а значит, камера способна запечатлеть в пределах одного кадра объекты, отличающиеся по яркости не более чем в 256 раз. Точнее, запечатлеть-то она может объекты с любой яркостью, однако объекты, чья яркость будет превышать максимальное допустимое значение выйдут на снимке ослепительно белыми, а объекты, чья яркость окажется ниже минимального значения, – угольно чёрными. Детали и фактура будут различимы лишь на тех объектах, яркость которых укладывается в динамический диапазон камеры.

Для описания отношения между яркостью самого светлого и самого тёмного из снимаемых объектов часто используется не вполне корректный термин «динамический диапазон сцены». Правильнее будет говорить о диапазоне яркости или об уровне контраста, поскольку динамический диапазон – это обычно характеристика измеряющего устройства (в данном случае, матрицы цифрового фотоаппарата).

К сожалению, диапазон яркости многих красивых сцен, с которыми мы сталкиваемся в реальной жизни, может ощутимо превышать динамический диапазон цифровой фотокамеры. В таких случаях фотограф бывает вынужден решать, какие объекты должны быть проработаны во всех деталях, а какие можно оставить за пределами динамического диапазона без ущерба для творческого замысла. Для того чтобы максимально эффективно использовать динамический диапазон вашей камеры, от вас порой может потребоваться не столько доскональное понимание принципа работы фотосенсора, сколько развитое художественное чутьё.

Факторы, ограничивающие динамический диапазон

Нижняя граница динамического диапазона задана уровнем собственного шума фотосенсора. Даже неосвещённая матрица генерирует фоновый электрический сигнал, называемый темновым шумом. Также помехи возникают при переносе заряда в аналого-цифровой преобразователь, да и сам АЦП вносит в

оцифровываемый сигнал определённую погрешность – т.н. шум дискретизации.

Если сделать снимок в полной темноте или с крышкой на объективе, то камера запишет только этот бессмысленный шум. Если позволить минимальному количеству света попасть на сенсор, фотодиоды начнут накапливать электрический заряд. Величина заряда, а значит, и интенсивность полезного сигнала, будет пропорциональна числу пойманных фотонов. Чтобы на снимке проступили хоть сколько-нибудь осмысленные детали, необходимо, чтобы уровень полезного сигнала превысил уровень фонового шума.

Таким образом, нижнюю границу динамического диапазона или, иначе говоря, порог чувствительности сенсора формально можно определить как уровень выходного сигнала, при котором отношение сигнал/шум больше единицы.

Верхняя граница динамического диапазона определяется ёмкостью отдельного фотодиода. Если во время экспозиции какой-либо фотодиод накопит электрический заряд предельной для себя величины, то соответствующий перегруженному фотодиоду пиксель изображения получится абсолютно белым, и дальнейшее облучение уже никак не повлияет на его яркость. Это явление называют клиппингом. Чем выше перегрузочная способность фотодиода, тем больший сигнал способен он дать на выходе, прежде чем достигнет насыщения.

Для большей наглядности обратимся к характеристической кривой, которая представляет собой график зависимости выходного сигнала от экспозиции. На горизонтальной оси отложен двоичный логарифм облучения, получаемого сенсором, а на вертикальной – двоичный логарифм величины электрического сигнала, генерируемого сенсором в ответ на это облучение. Мой рисунок в значительной степени условен и преследует исключительно иллюстративные цели. Характеристическая кривая настоящего фотосенсора имеет несколько более сложную форму, да и уровень шума редко бывает столь высок.



Рисунок 1 - график зависимости выходного сигнала от экспозиции

На графике хорошо видны две критические переломные точки: в первой из них уровень полезного сигнала пересекает шумовой порог, а во второй – фотодиоды достигают насыщения. Значения экспозиции, лежащие между этими двумя точками, и составляют динамический диапазон. В данном абстрактном примере он равен, как несложно заметить, 5 EV, т.е. камера способна переварить пять удвоений экспозиции, что равнозначно 32-кратной ($2^5=32$) разнице в яркости.

Зоны экспозиции, составляющие динамический диапазон неравноценны. Верхние зоны отличаются более высоким отношением сигнал/шум, и потому выглядят чище и детальнее, чем нижние. Вследствие этого верхняя граница динамического диапазона весьма вещественна и ощутима – клиппинг обрубает света при малейшей передержке, в то время как нижняя граница неприметным образом тонет в шумах, и переход к чёрному цвету далеко не так резок, как к белому.

Линейная зависимость сигнала от экспозиции, а также резкий выход на плато являются уникальными чертами именно цифрового фотографического процесса. Для сравнения взгляните на условную характеристическую кривую традиционной фотоплёнки.

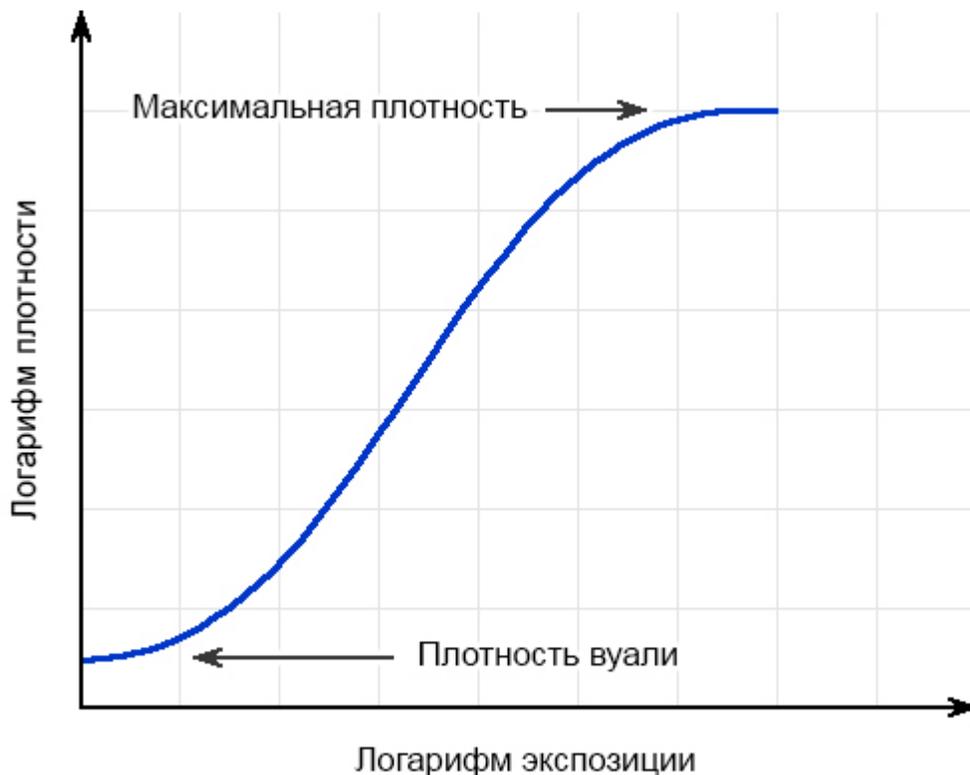


Рисунок 2 - линейная зависимость сигнала от экспозиции

Форма кривой и особенно угол наклона сильно зависят от типа плёнки и от процедуры её проявления, но неизменным остаётся главное, бросающееся в глаза отличие плёночного графика от цифрового – нелинейный характер зависимости оптической плотности плёнки от величины экспозиции.

Нижняя граница фотографической широты негативной плёнки определяется плотностью вуали, а верхняя – максимальной достижимой оптической плотностью фотослоя; у обращаемых плёнок – наоборот. Как в тенях, так и в светах наблюдаются плавные изгибы характеристической кривой, указывающие на падение контраста при приближении к границам динамического диапазона, ведь угол наклона кривой пропорционален контрастности изображения. Таким образом, зоны экспозиции, лежащие на средней части графика, обладают максимальным контрастом, в то время как в светах и тенях контраст снижен. На практике разница между плёнкой и цифровой матрицей особенно хорошо заметна в светах: там, где в цифровом изображении света выжжены клиппингом, на плёнке детали всё ещё различимы, хоть и малоконтрастны, а переход к чисто белому цвету выглядит плавным и естественным.

В сенситометрии используются даже два самостоятельных термина: собственно фотографическая широта, ограниченная сравнительно линейным

участком характеристической кривой, и полезная фотографическая широта, включающая помимо линейного участка также основание и плечо графика.

Примечательно, что при обработке цифровых фотографий, к ним, как правило, применяется более или менее выраженная S-образная кривая, повышающая контраст в полутонах ценой его снижения в тенях и светах, что придаёт цифровому изображению более естественный и приятный глазу вид.

3. Влияние настроек гаммы на динамический диапазон

В отличие от матрицы цифрового фотоаппарата человеческому зрению свойственен, скажем так, логарифмический взгляд на мир. Последовательные удвоения количества света воспринимаются нами как равные изменения яркости. Световые числа можно даже сравнить с музыкальными октавами, ведь двукратные изменения частоты звука воспринимаются на слух как единый музыкальный интервал. По такому принципу работают и другие органы чувств. Нелинейность восприятия очень сильно расширяет диапазон чувствительности человека к раздражителям различной интенсивности.

При конвертировании RAW-файла (не важно – средствами камеры или в RAW-конвертере), содержащего линейные данные, к нему автоматически применяется т.н. гамма-кривая, которая призвана нелинейно повысить яркость цифрового изображения, приводя её в соответствие с особенностями человеческого зрения.

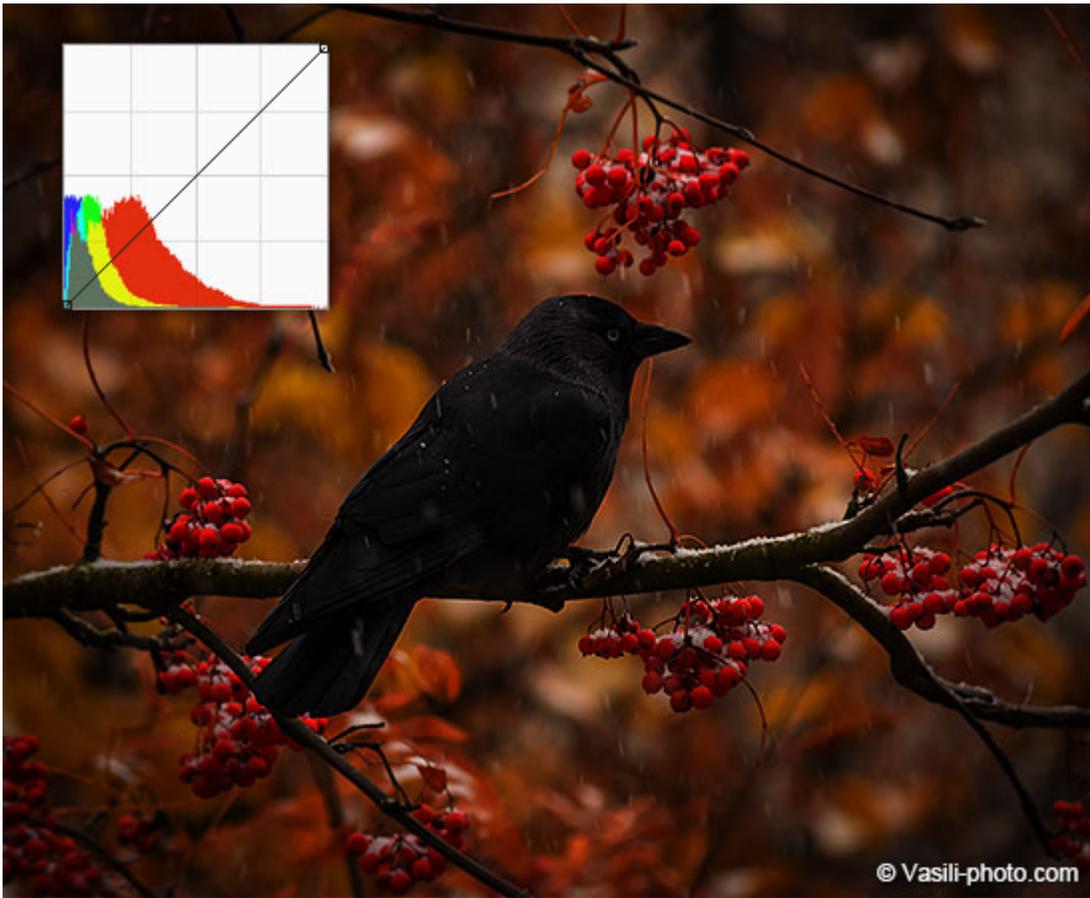


Рисунок 3- При линейной конверсии изображение получается слишком тёмным

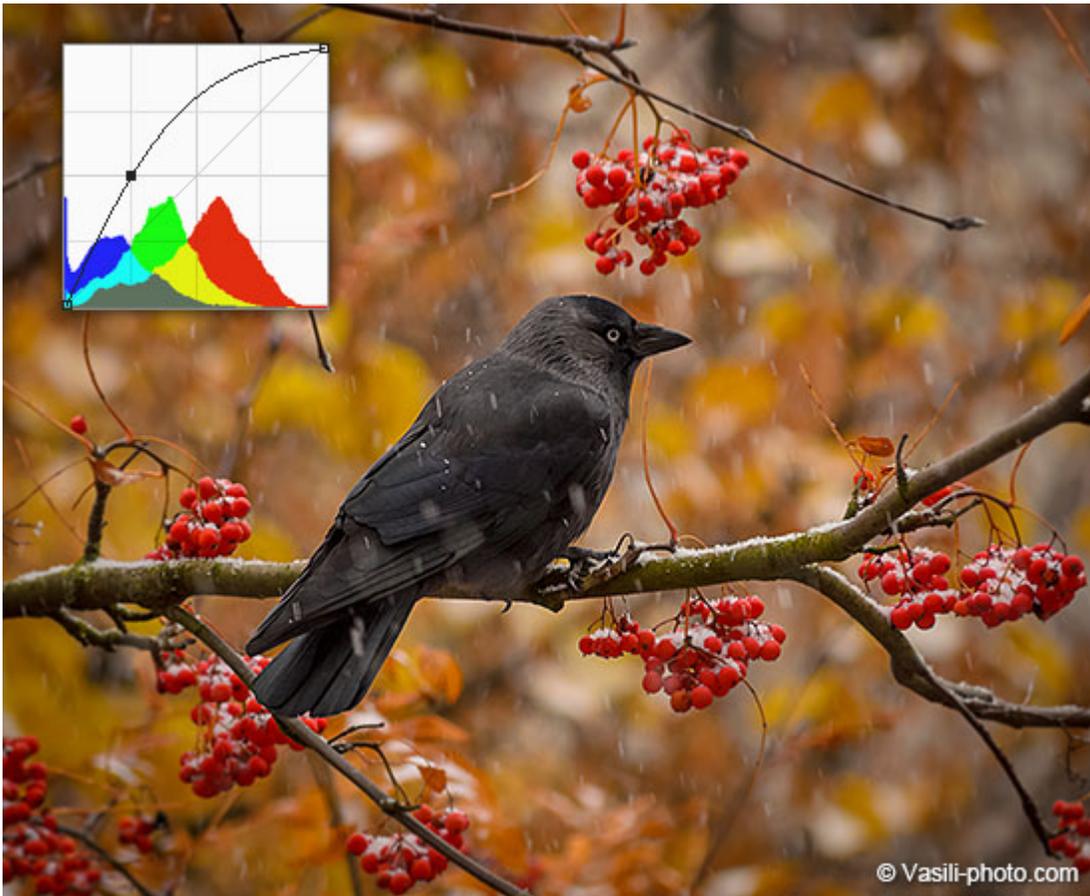


Рисунок 4- После гамма-коррекции яркость приходит в норму

Гамма-кривая как бы растягивает тёмные тона и сжимает светлые, делая распределение градаций более равномерным. В результате изображение приобретает естественный вид, но шум и артефакты дискретизации в тенях неизбежно становятся более заметными, что только усугубляется малым числом уровней яркости в нижних зонах.



Рисунок 5- Линейное распределение градаций яркости



Рисунок 6 - Равномерное распределение после применения гамма-кривой

4. Экспонирование кадра для "экранного" изображения и при съёмке "сырого" изображения (RAW, Log)

RAW - это то, как увидел снимаемую сцену ваш фотоаппарат.

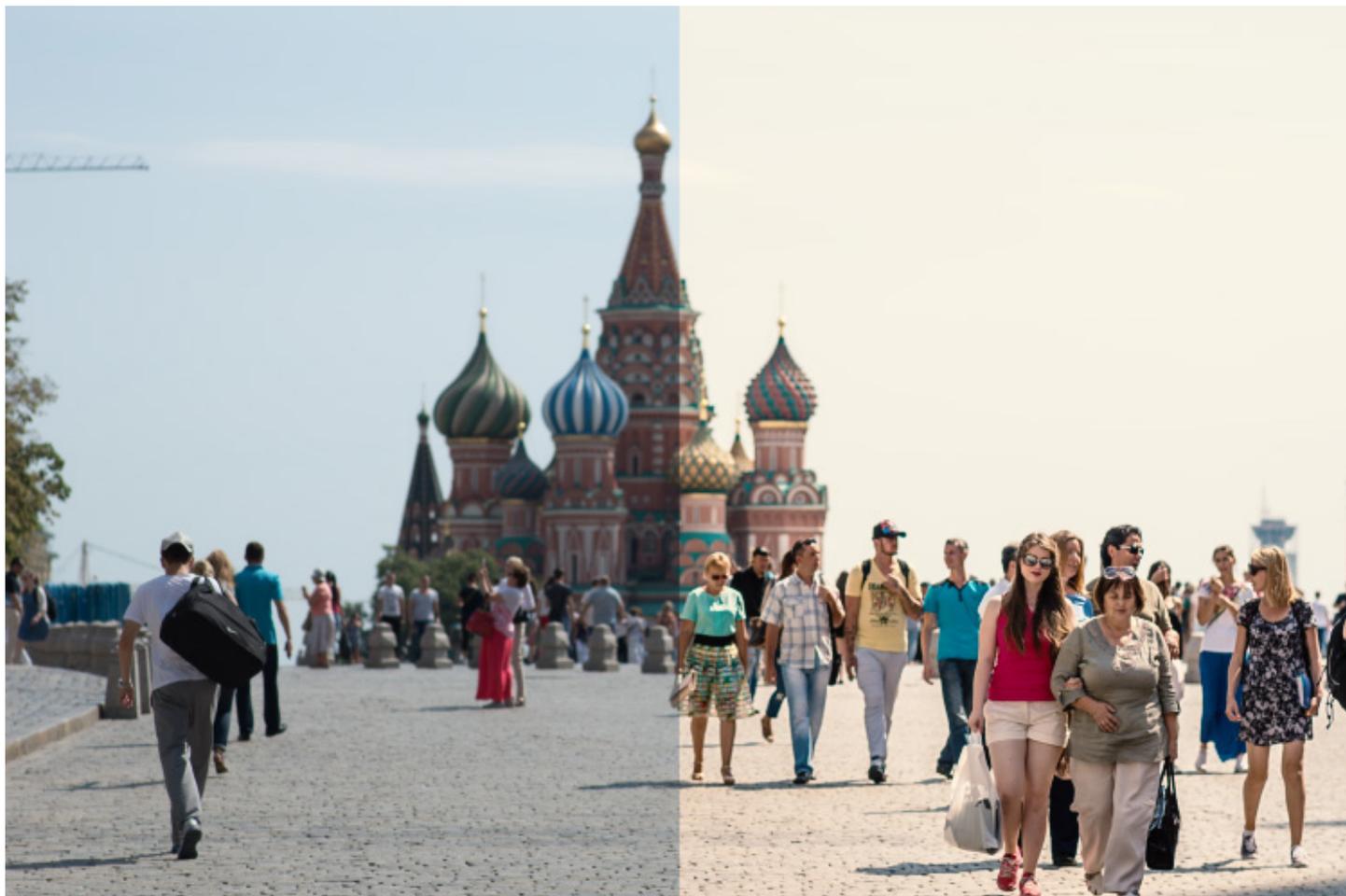
Это сырой слепок снятой сцены с матрицы фотоаппарата без какой-либо обработки внутри камеры.

Вы видите снимок таким, каким видит его матрица камеры:

- Менее контрастным;
- Менее насыщенным;
- С большим динамическим диапазоном.

Каждый производитель использует свое расширение для файлов для RAW формата. У Canon это cr2, у Nikon - nef, а у Pentax - dng.

Но всё это RAW.



Она позволяет исправить ошибки съемки при конвертации, не нанося большого ущерба техническому качеству фотографии.

Вы можете легко подправить экспозицию или баланс белого, не добавляя шумов и артефактов сжатия. Исправить искажения объектива или наложить виньетку.

Формат RAW содержит большой массив данных, что позволяет программам вносить серьезные изменения, не ухудшая исходного качества кадра.

Как будто вы просто пересняли кадр с другими параметрами съемки.

Однако.

Съемка в RAW не отменяет правильную композицию, экспозицию и умение все это делать.

Не считайте, что можно вытянуть любой кадр из RAW и исправить любые огрехи съемки. Хороший кадр с убитой экспозицией вытянуть сложно.

Зачастую и невозможно, если говорить о технически качественной фотографии.

Нужно ли снимать только в RAW формате

Не нужно впадать в крайность.

Если глубокое редактирование снимка не планируется, то съемка в RAW избыточна.

Формата JPG хватает для обычной фотосъемки в домашний альбом или для социальных сетей при умении экспонировать снимок и строить кадр.

Вы правильно экспонируете кадр, фотоаппарат добавляет насыщенности и резкости при конвертации RAW в JPG внутри себя.

На выходе вы получаете вполне пригодный снимок для домашнего альбома или печати в формате jpg.

Однако.

При съемке в критичных условиях для фотоаппарата, формат RAW предоставит больше возможностей при исправлении проваленных теней, пересветов, баланса белого и контраста.

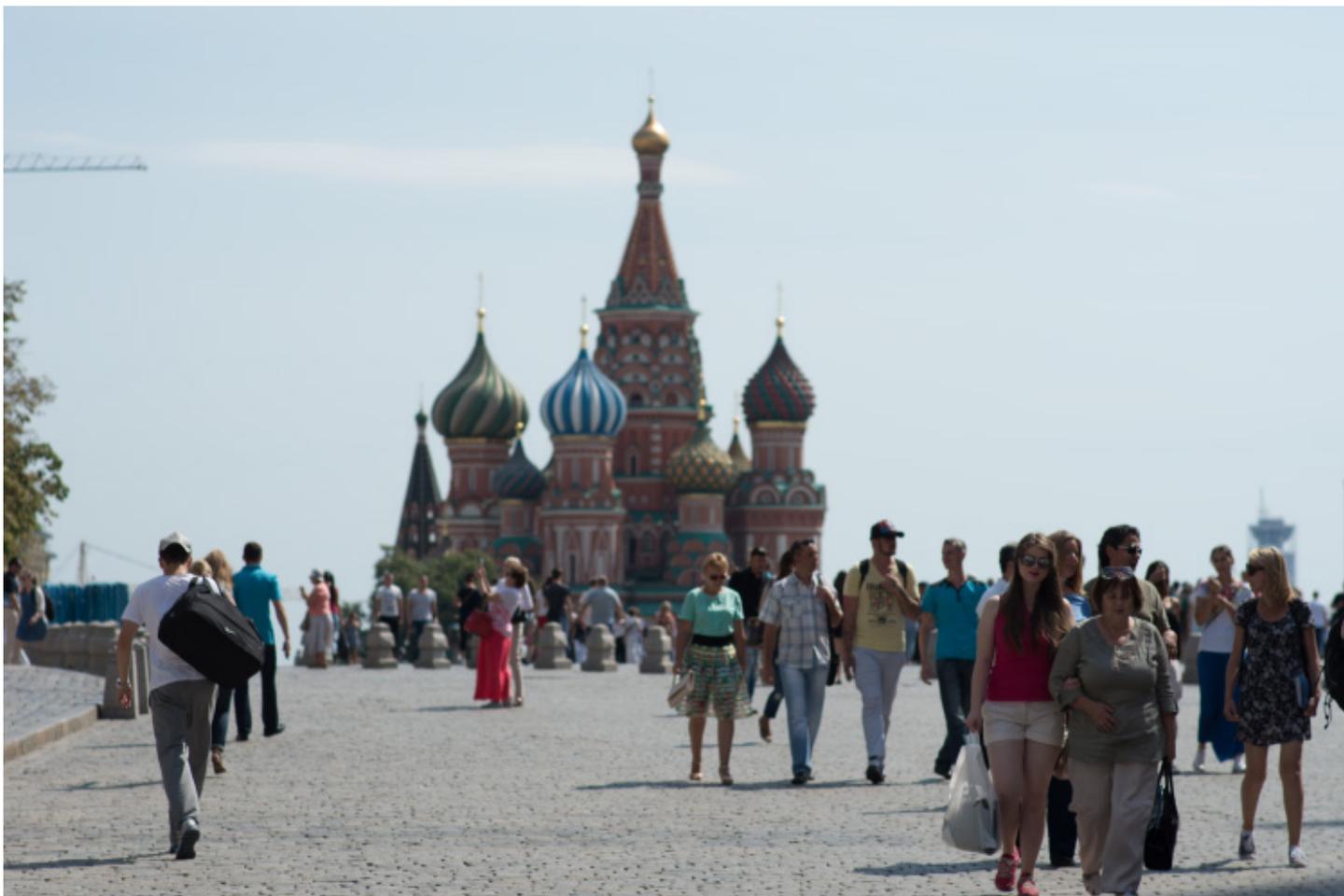
Он обеспечивает большее качество итоговой фотографии при глубоком редактировании и ретуши снимков.

Стоит ли фотографировать в RAW?

Да, но нужно понимать его плюсы и минусы в конкретных условиях съемки.

Профессиональная же коммерческая ретушь и обработка немыслима без raw формата.

Почему RAW серый и блеклый



Файл RAW это слепок с матрицы фотоаппарата, который не подвергся никакой обработке внутри камеры.

На экране фотоаппарата вы видите JPG версию снятого RAW файла. Фотоаппарат же сохранит снимок на флешку в том формате, который указан в настройках камеры.

Поэтому многие начинающие теряются, увидев серенькие бледные фотографии вместо тех сочных снимков, что показывал фотоаппарат на своем дисплее.

И для возврата былой сочности RAW нужно сконвертировать в JPG, TIFF или передать для глубокой обработки в фотошоп.

Предвосхищая вопрос.

Ручная конвертация RAW на голову превосходит ту, что делает камера автоматически. Но для этого нужно уметь использовать программы RAW конвертации.

Конвертация RAW формата



Рав это формат сырого изображения, и для дальнейшей работы его переводят в более удобные форматы jpeg или tiff, применяя программы - конвертеры.

На фотографии вы видите переведенный на скорую руку raw файл с наложенной имитацией пленки. При обработке RAW был исправлен баланс белого, осветлены тени и добавлена резкость.

Фотоаппарат с подобный качеством конвертировать не умеет.

Чем открыть RAW для конвертации?

Программ конвертации множество, но наиболее известны в среде профессионалов:

Adobe Camera RAW (ACR)

Adobe Lightroom

Capture One

Модуль Camera RAW встроен в фотошоп, и автоматически запускается при попытке открыть RAW через фотошоп.

Также модуль ACR можно использовать как фильтр, накладываемый на слой с изображением при работе в фотошопе.

Lightroom это рабочая лошадка коммерческих фотографов, снимающих на потоке.

Легкость обработки кучи фотографий одним пакетом и одним пресетом выводят ее на первый план при потоковой съемке.

Свадебщики и любители пресетов за репост обожают лайтрум.

Capture One позволяет легко получать маски по цветовому диапазону, включая маску кожи.

Это существенно облегчает обработку и ретушь, но фанатов у программы сравнительно немного.

Передвигая слайдеры тонового диапазона или настройки цвета, добейтесь соответствия изображения вашему замыслу, пониманию прекрасного или галлюцинациям.

Когда нужно снимать и обрабатывать в формате RAW

Когда вам нужен качественный результат, а не скорость отдачи отснятого материала.

Если вы желаете снимать портреты, работать с предметкой или осваивать съемку интерьеров, то формат RAW обязателен.

Пытаясь обработать или отретушировать в фотошопе или лайтруме внутрикамерный jpg, вы будете работать с файлом, который уже претерпел

программное сжатие и обработку внутри камеры.

Сжатие приводит к уменьшению плотности пикселей на снимке, уменьшению видимого количества цветов и их вариативности, и, возможно, артефактам сжатия или пикселизации изображения при сильном изменении кадра.

Ручная конвертация в лайтруме или Camera RAW позволяет отнести к снимкам бережнее, что приводит к отсутствию вышеуказанных проблем.

Вы используете изначально больший динамический диапазон, что позволяет избежать проявления дефектов при редактировании снимка.

Иначе говоря, программную мощь лайтрума или фотошопа в фотоаппарат не затолкать.

Внутри фотоаппарата работают более примитивные алгоритмы конвертации, настроенные на некий усредненный результат, который устроит гипотетическую домохозяйку.

К слову сказать, некоторые профессиональные фотоаппараты не умеют снимать в jpg в принципе.

LOG (логарифмический профиль) — это кривая гамма-характеристики, которая была оптимизирована с учетом особенностей цифровых кинематографических камер для повышения эффективности их сенсоров.

В чём же прелесть этого формата записи изображения?

Операторы, которую ведут съемку по существующему стандарту REC.709, иногда вынуждены выбирать между контрастностью и детализацией изображения. Log позволяет сохранять все качества изображения.

LOG



Сохраняются детали как темных, так и ярких областей.



Затемненные участки кадра размыты, а в ярких областях нарушен баланс белого.

У разных производителей видеокамер этот параметр обозначается по-разному, но, по сути, это одно и то же. У Sony это s-log, у Canon c-log и т.д.

Из-за наличия LOGа цифровые видеокамеры называются КИНОКАМЕРАМИ по аналогии с плёночными камерами. После обработки изображению можно придать «кинематографический» эффект съёмки на плёнку. Или «раскрасить» картинку на своё усмотрение.

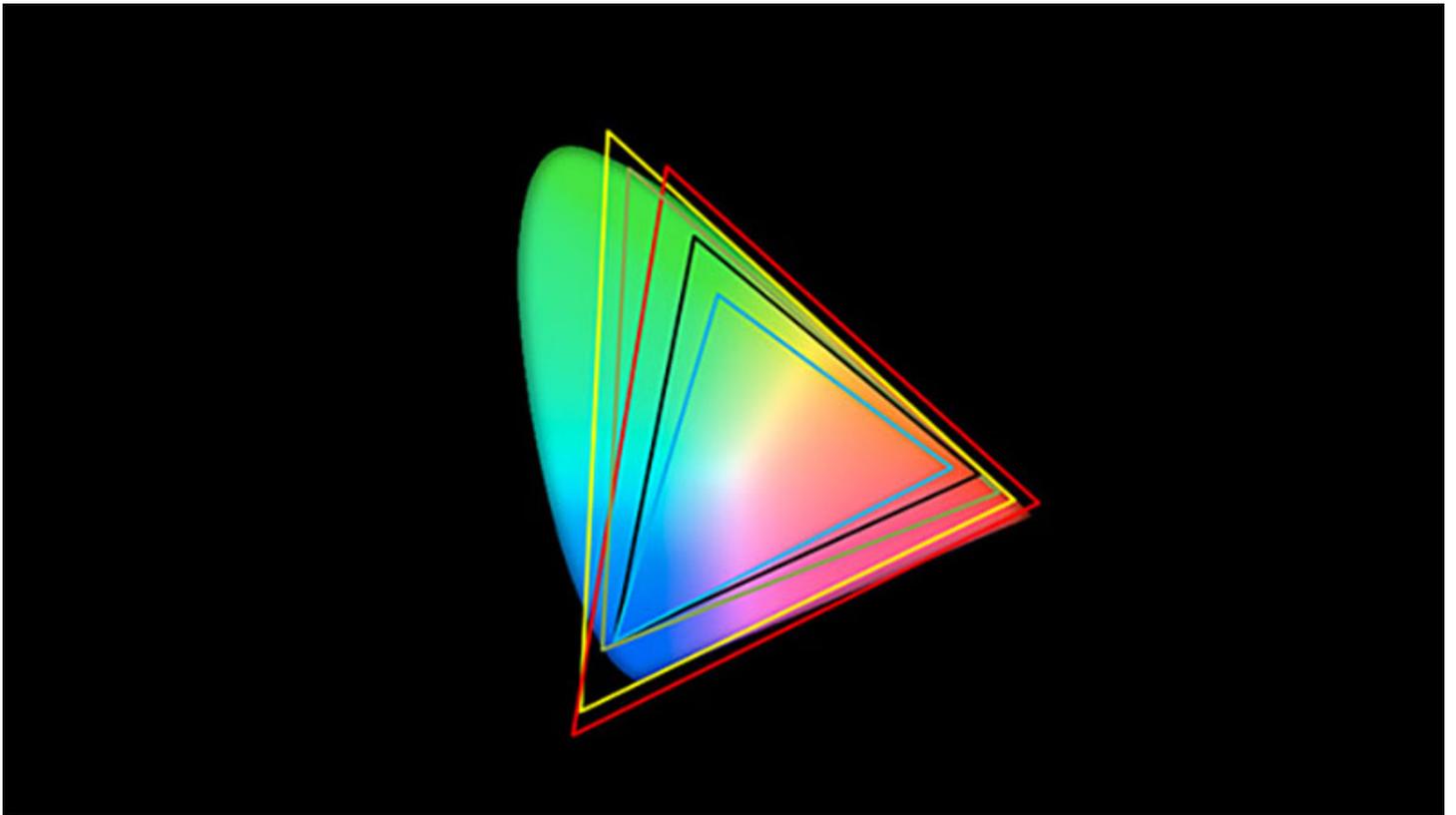
ПРЕИМУЩЕСТВА LOG

ШИРОКИЙ ТОНАЛЬНЫЙ ДИАПАЗОН



Широкий тональный диапазон, который обеспечивает LOG, особенно полезен при съёмке объектов, которые теряют детализацию в тени или в условиях повышенной яркости. Сцены, которые раньше казались невозможными для съёмки из-за обилия солнечного света или наоборот — слишком глубоких теней, теперь можно фиксировать с высокой детализацией.

НАСЫЩЕННАЯ ЦВЕТОВАЯ ГАММА



Как правило, видео записывается в цветовой гамме REC.709, но материалы, снятые с помощью LOG, отличаются гораздо более широкой гаммой. Проще говоря, чем шире гамма, тем больше информации о цвете удастся записать, и тем более яркими и реалистичными будут ваши изображения.

БОЛЬШЕ ИНФОРМАЦИИ, БОЛЬШЕ КОНТРОЛЯ



LOG позволяет записать гораздо больше визуальной информации, чем при стандартной съемке с гаммой REC.709, тем самым расширяя ваши возможности при постпроизводстве. Вместо того чтобы выбирать между тенями и яркими участками во время съемки, вы можете зафиксировать всю эту информацию, и затем выбрать, как вы хотите ее отобразить.

Для этих целей удобно использовать готовые цветовые пресеты, называемые LUT или 3D LUT. Производители этих цветовых профилей очень часто используют в качестве образца киноплёнки Kodak, Fuji и другие.

Достаточно просто «кинуть» готовый LUT на изображение, снятое в логарифмическом профиле, чтобы на выходе получить «плёночное» качество. Или придать сцене определённый драматический «оттенок». Ведь не секрет, что цвет, оттенки цвета играют важную роль при восприятии изображения.

Съёмка в логарифмических профилях упрощает сведение по цвету кадров, сделанных разными камерами в разных местах. Чтобы не было незапланированных «цветовых» скачков при переходе от одной сцены к другой.

Список использованной литературы

1. Быков Р. Е. Основы телевидения и видеотехники : учеб. для вузов / Р. Е. Быков. – М. : Горячая линия – телеком, 2006. – 299 с.
2. ГОСТ Р 53536 – 2009. Цифровое телевидение повышенной четкости. Основные параметры цифровой системы с построчным разложением. Аналоговые и цифровые представления сигналов. Параллельный цифровой интерфейс. М., 2011. 20 с.
3. ГОСТ Р 53535 – 2009. Цифровое телевидение высокой четкости. Аналоговое и цифровое представление сигналов. Цифровые интерфейсы. М., 2011. 28 с.
4. ГОСТ Р 53540 – 2009. Цифровое телевидение. Широкоформатные цифровые системы. Основные параметры. Аналоговые и цифровые представления сигналов. Параллельный цифровой интерфейс. М., 2011. 24 с.
5. Официальный сайт Европейского стандарта цифрового телевизионного вещания [http:// www.dvb.org](http://www.dvb.org).
6. Официальный сайт ФГУП «Российская телевизионная радиовещательная сеть» [http:// www.rtrs.ru](http://www.rtrs.ru).
7. Официальный сайт фирмы Analog Devices [http\ www.analog.com](http://www.analog.com).
8. Смирнов А. В. Цифровое телевидение : от теории к практике / Смирнов А. В., Пескин А. Е. – 2-е изд. - М. : Горячая линия – Телеком, 2012. – 352 с.
9. ITU-R. Recommendation BT.601-6 «Studio encoding parameters of digital television for standard 4:3 and wide screen 16:9 aspect ratios»