

При подготовке статьи использовались материалы, любезно предоставленные Алексеем Шадриным (г. Санкт-Петербург), специалистом в области imaging technology, автором и переводчиком фундаментальных работ в области цветовоспроизведения.

Размышления о «месте» цветопробного RIP-а в деле получения цветопробы¹...

Дорогие коллеги!

Цель и смысл нашей деятельности – воспроизведение изображений (цветовоспроизведение). Для более полного понимания сути проблем, при нем возникающих, нам потребуются некоторые общетеоретические рассуждения.

Процесс воспроизведения изображений (цветорепродукционный процесс) может быть организован разными способами, но наиболее популярный и технологичный из них основан на т.н. трихроматическом (Trichromatic) принципе (принципе трихромазии). Одним из первых, кто заподозрил тройственность природы зрительного восприятия был сам Михаил Ломоносов. Затем, ученые смогли более полно описать трихроматический принцип, на который мы опираемся уже более 150 лет.

Принцип трихромазии (трихроматический принцип) положен в основу большинства цветовоспроизводящих систем, в том числе и полиграфических (типографских). На протяжении всего последнего времени трихроматический принцип² цветовоспроизведения реализовывался т.н. *аппаратно-зависимым методом* (DDR - Device Depended Reproduction). Минимум за 100 лет сформировалась устойчивая «аппаратно-зависимая ментальность», и один из её вариантов – «СМΥК-ментальность».

Суть аппаратно-зависимого метода заключена в том, что для обеспечения т.н. *колориметрически точной цветопередачи*³ (colorimetric rendering intent) с помощью того или иного устройства необходимо выполнение следующих двух условий:

1. Оригинальная сцена (или первичное изображение этой сцены) должно быть зарегистрировано за тремя зональными фильтрами, причем по определенной (выбранной) схеме нарастания или убывания оптических плотностей, т.е. энергетической зависимости.
2. Колоранты⁴ (красители) воспроизводящего устройства должны быть колориметрически оппонентны этим фильтрам, а концентрация колоранта на поверхности (или его оптическая плотность) должна меняться по той же выбранной энергетической зависимости.

Этот подход безраздельно властвует в полиграфии на протяжении всей истории существования этой отрасли и сформировал прочные привычки и стереотипы профессионального мышления. К примеру, взять да и абстрагироваться полностью от необходимости «баланса серого»⁵ или «линеаризации по плотностям» не получается почти ни у кого, кто работает в этой сфере больше двух недель.

Однако бурное развитие электроники и вычислительных систем в конце XX века позволило перейти к т.н. *аппаратно-независимой реализации*⁶ трихроматического принципа цветовоспроизведения (DIR – Device Independent Reproduction). Основой нового способа является т.н. CLUT (Color Lookup Table) – многомерная таблица соответствий. CLUT требует обсчета большого количества данных; настолько большого, что такой обсчет не мог быть ранее выполнен ввиду отсутствия вычислительных мощностей (на счетах, арифмометрах и логарифмических линейках далеко не уехать).

Основа CLUT-решения состоит в том, что аппаратные данные устройства ставятся во взаимно-однозначное соответствие цветовым ощущениям человека, представленным в цветовой координатной системе Lab⁷. Таблица такого соответствия и есть CLUT.

CLUT-таблицу можно получить, напечатав тест-карту, состоящую из «цветовых» полей, измерив её спектрофотометром, и сохранив в виде профайла устройства. Понятно, что, сколько бы «цветовых» полей ни было заложено в эту таблицу, большинство фактических цветов будут находиться вне этой карты. Поэтому фактические цвета рассчитываются методом интерполяции⁸. Реализацией этой интерполяции занимается CMM (color management module) той или иной графической программы или операционной системы.

Благодаря сегодняшним вычислительным мощностям, мы вполне можем воспользоваться этим методом. Но, на самом деле мы им уже давно пользуемся, только не всегда осознаем это: в хорошо знакомых нам ICC-профайлах применяется именно аппаратно-независимая CLUT- идеология.

Поскольку в CLUT отсутствуют такие понятия как «колориметрическая оппонентность фильтрам», «баланс серого» и «линейность по плотностям», то о них (этих понятиях) можно спокойно забыть, правда, когда речь идет о высокостабильных устройствах, таких как современные струйные принтеры. В полиграфии, в частности офсетной, о существовании этих параметров совсем забывать не стоит, а нужно прибегать к ним для случаев ошибок в цифровой подготовке изображений, или когда отсутствует возможность построения адекватной CLUT (к примеру, на производстве нет спектрофотометра).

Аппаратная свобода цветорепродукционного процесса – это реальность сегодняшнего дня, и её надо учитывать (а не сопротивляться), и не пытаться перенести образ мыслей и действий, сформированный в «аппаратно-зависимый период», на «аппаратно-независимую» ICC-систему.

Теперь становится понятно, с чем связаны «проблемы» цифровой цветопробы при реализации ее через традиционный RIP (такие как «небаланс серого», проблемы с линеаризацией). Все это - плод того, что старый аппаратно-зависимый или, как еще говорят, «градационный» подход полностью завладел нами. Вместе с тем, структурная организация цветопробного RIP построена с учетом привычной нам аппаратно-зависимой философии.

Преимущества CLUT-подхода очевидны и состоят в следующем:

1. Независимость от спектральных характеристик регистрирующих фильтров: Спектральные характеристики колорантов, в частности, их спектральную чистоту можно повышать, расширяя цветовой охват устройств. Можно также произвольно менять позицию пика их спектрального поглощения без всякого опасения рассогласовать цветорепродукционный процесс.
2. Полная независимость от «баланса серого».
3. Относительная свобода от калибровки, то есть от приведения диапазона плотностей колорантов к определенной зависимости. Относительность заключена в том, что калибровка желательна, но ее цель совсем не та, что при градационном (аппаратно-зависимом) подходе: сегодня требуется обеспечение уникальности (однозначности) аппаратных комбинаций.
4. Неизбежным же требованием получения точной репродукции является то, что цветовой охват устройства должен быть больше, чем цветовой охват репродуцируемого изображения.

Но, впрочем, достаточно теории – давайте рассмотрим варианты практического применения цифровой цветопробы. Итак, чего мы ждем от цветопробы? И оправдывает ли она наши ожидания?

ISO 12647 определяет цветопробу так: «Оттиск, полученный не на печатной машине с целью иллюстрации результатов процесса цветоделения и при условии точного моделирования результатов, полученных на печатной машине. Также известна как искусственная или допечатная проба». (ISO12647-1 1996)

На «человеческом» языке приведенное выше определение может прозвучать так: цветопроба - это образец изображения, на которое следует ориентироваться при печати тиража. Главным отличием этого образца от произвольно воспроизведенных изображений является то, что он гарантированно воспроизводится тиражным процессом, потому что учитывает возможности и особенности этого тиражного процесса.

Требования к изображению, которое можно будет называть цветопробой, следующие (см. в ISO 12647 и MediaStandart 2006):

1. На пробе должна стоять контрольная шкала Ugra/Fogra Media Wedge CMYK V2.1. Цветовые координаты этих полей должны совпадать с целевыми цветовыми координатами для эталонного печатного процесса. В случае отклонения от целевых координат их необходимо привести к следующим значениям:

Средняя величина отличий всех цветовых координат цветных контрольных полей в системе CIELAB должна быть меньше 4, а максимальная величина не должна превышать 10. Для основных CMYK-комбинаций максимальное отличие цветовых координат относительно целевых величин должно быть меньше 5. По цвету подложки максимальное отличие должно быть меньше 3.

2. В нижней строке пробного оттиска должны быть указаны имя файла, дата, имя исходного профиля, а также имя эталонного ICC-профиля печати для рассматриваемых условий печати.

Таким образом, мы знаем требования стандартов, предъявляемые к цветопробе. И для того, чтобы понимать, о чем идет далее речь, определились в понятиях двух подходов к цветовоспроизведению.

До недавнего времени цифровую цветопробу традиционно выполняли только с помощью системы «Струйный принтер-RIP». RGB-output профайлами никто не пользовался из-за неудовлетворительного качества их работы. Последнее было связано как с несовершенством самих струйных принтеров, так и с системой построения RGB-output-профайлов. Несовершенство принтеров выражалось в их нестабильной работе, в неотлаженности драйверов, меняющихся свойствах бумаги и краски. Все это напоминало типографский процесс, и метод «борьбы» выбирался соответствующий. Несовершенство RGB-output профайлов выражалось также в неудовлетворительном качестве математических алгоритмов, используемых производителями программного обеспечения по изготовлению профайлов.

Но в последнее время в области RGB-output профилирования произошел гигантский скачок и качество профайлов резко выросло. Параллельно появились принтеры с высоко стабильными параметрами: вернее, достаточно стабильными, для того чтобы на протяжении очень продолжительного времени обеспечивать идентичность параметров краскопереноса в ответ на один и тот же управляющий RGB-сигнал компьютера. К примеру, через день, через месяц и даже через год, в ответ на один и тот же управляющий RGB-сигнал операционной системы, принтер выдаст капельки краски того же самого объема. Взаиморасположение этих капель при этом окажется точно таким же, как и было в прошлый раз.

Что сие означает? Сие означает то, что принтер (в связке с освещением) воспроизведет ровно тот же цветовой стимул, что и год назад, и который при сходных условиях просмотра будет восприниматься ровно также, как и его предшественник – то есть будет иметь тот же самый цвет. Эта воистину феноменальная стабильность современных струйных принтеров (совершенно немыслимая в полиграфии) и позволяет нам сегодня уйти от аппаратно-зависимого принципа и воспользоваться простейшей таблицей, в которой тройственный управляющий сигнал компьютера (RGB-сигнал) поставлен в прямое соответствие цветовому ощущению (минуя при этом учет всех сложностей привычного нам непосредственного управления краскоподачей).

Принцип RGB-output профайлов предельно прост: строится таблица взаимно-однозначных соответствий (CLUT) аппаратных данных в тестовом файле (то есть, управляющих сигналов принтера – RGB-данные) цветовым ощущениям от его оттиска (Lab-данные).

Всё, что находится между («цветоделитель», линеаризатор, растеризатор и все прочее, что управляет подачей краски, короче -- любимый РИП) – объявляется «черным ящиком». При этом главная задача последнего – обеспечение неизменности, константности параметров. И с этой задачей драйвер современного струйного принтера справляется успешно. Успешно с нею справляется и сам аппарат, адекватно и стабильно отвечающий на сигналы драйвера.

Любопытно, что при этом нам остается неведомым значение TIL (Total Ink Limit), мы не выбираем никакого варианта генерации черной краски (UCR, GCR) и ее присутствия в хроматических элементах изображений (Black Width). Сегодня мы можем себе это позволить, потому что мы осознаем то, что никто не определит эти параметры лучше, чем сам разработчик принтера (и его драйвера). И у нас нет нужды эти параметры менять, потому как иначе мы начнем играть в инженеров фирмы-разработчика принтера, подобно тому как в детстве играли в космонавтов или моряков с той же разницей в профессиональных знаниях). Представьте себя за штурвалом океанского лайнера в свои десять лет. Куда приплывет ваш корабль? А ведь именно RIP берет на себя управление принтером, а мы лишь просим его, сделать то или иное.

Давайте лучше будем пользоваться тем, что принтер обладает практически идеальной приводкой и неизменной схемой подачи краски (и даже если между оттисками будет хоть год перерыва). Если же принтер не обладает такими свойствами, то нам не нужен такой принтер. Тут и RIP не поможет: ему тоже нужен стабильный принтер.

И все-таки, в каких же цветопробных ситуациях нужен RIP?

1. Если материалы, используемые при печати, не учтены драйвером принтера. В основном это краска и бумага сторонних (как говорят – «левых») производителей, что может принести некоторую экономию, порой даже заметную. Правда не принесет качества. Но оставим это решение на совести пользователя.
2. Или если требуется рабочий поток (workflow) для большого количества цветопроб. Автоматизация процессов в RIP реализована хорошо, много лучше, чем в графических редакторах: положил файл в «горячую папку» и всё.

Вот, за это, пожалуй, и стоит пользователю RIP платить деньги его производителю. И тут надо считать, что выгоднее: в первом случае - «левые расходники» + цена RIP, или, во втором случае - автоматизация процесса ценой RIP.

Для RGB-output затраты ограничиваются покупкой принтера (без него никак), расходных материалов и изготовлением RGB-output профайла. Но... Профайлы все равно делать надо. Только в случае RGB-output профайл изготавливается один раз, после чего остается лишь не менять краску и бумагу на «другую». А в случае с RIP и СМΥК-профайлом приходится и линеаризацию подправлять, и в случае «других» расходных материалов переделывать профайл. При этом никто не гарантирует необходимый цветовой охват

изображений. Некому гарантировать. Плюс к тому, далеко не все RIP-ы обеспечат требуемое качество стохастической растеризации, отсутствие полошения на плашках (полошение на плашках – типичная «болезнь» RIP-ов), а также добротную парковку печатных головок, их прочистку и пр.

Далее. В полиграфическом процессе всегда имеется нестабильность цветовоспроизведения. Даже при использовании лучших машин. И мы лишены возможности изготавливать простой и надежный RGB-output-профайл: нам остается изготавливать лишь СМΥК-профайлы, собственными усилиями определяя и TPL, и, главное, скрупулезно выверяя Black generation. Цветоделение мы вынуждены при этом делать «контекстно», исходя из характера изображения и выбирая каждый раз профайл с теми или иными Black generation и Black width. Но все это, еще раз подчеркнем, – вынужденная мера, плата за нестабильность типографских процессов.

При организации цветопробы ситуация иная: если марка запечатываемого материала имеется в списке драйвера, изготовленного производителем данного принтера – о СМΥК-профайле можно и нужно забыть, хотя бы ради того, чтобы не заниматься утомительным подбором оптимальных TPL, Black generation, Black with – ведь все равно лучше, чем это выполнено самим изготовителем принтера, сделать не удастся. А ежели и удастся, то ценой огромных усилий и потраченного времени.

Есть еще у RIP некий идеологический плюси́к: возможность линеаризации (регуляризации) принтера.

Зачем нужна линеаризация?

Затем, чтобы в первую очередь обеспечить читабельность деталей в темных областях изображения (многие из принтеров грешат переливом краски в «теньях») и большую точность профайла. Но «черный ящик» уже оптимизирован по всем параметрам.

Заметим, при этом, что:

-- в режиме No Color Adjustment принтер дает максимальный охват, но при этом процесс линеаризован чуть хуже, чем в режиме Color Control.

-- режим Color Control оптимален для большинства реалистичных изображений, но офсетные бинары¹³ воспроизводит не очень точно. Поэтому предпочтителен No Color Adjustment, а расширенная по «теньям» тест-карта позволяет справиться с проблемой «теней». Лучше иметь два профайла для обоих режимов и пользоваться ими контекстно.

Предлагаемая краткая схема действий:

1. Вооружаемся программой Profile Maker 5.0.8 и спектрофотометром Eye One Pro компании GretagMacbeth (использование приборов от X-Rite не рекомендуется).
2. Едем в интересующую нас типографию с упомянутым прибором и ноутбуком и измеряем спектр освещения на пульте печатной машины.
3. Печатаем RGB-output тест-карту (TC 9.18) в режиме драйвера No Color Adjustment (Color Control) из PhotoShop. В print space выставляем Same as source (No Color Management, если пользуемся Photoshop CS2).
4. После 15 мин. просушки измеряем ее спектрофотометром, положив при этом карту на пачку из 10 листов той же самой бумаги (рекомендую в соответствии с опытной эксплуатацией), на которой напечатана карта. Измерение желательно провести не менее трех раз с последующим усреднением результата.
5. Строим RGB-output-профайл в режиме цветопередачи Colorful , Large-конфигурации профайла и подключив при этом спектр освещения на пульте печатной машины.
6. Открываем требуемый к распечатке файл в PhotoShop, даем команду assign profile печатного процесса (например, ISOcoated.icc), далее выполняем команду convert to profile по свежестроенному профайлу принтера в режиме Absolute.
7. Отправляем на печать с параметрами, при которых печаталась тест-карта.

8. Чистые от эмулирования цвета офсетной бумаги полоски принтерной бумаги обрезаем, чтобы адаптация зрения шла по эмуляту, а не по принтерной бумаге.

Вместо PhotoShop можно использовать любую Adobe CS(2) программу: Acrobat (не Reader), Illustrator, In Design. Несколько худшие результаты демонстрирует Corel и FreeHand (из-за использования другой СММ, в отличие от Adobe).

Собственно говоря, вся технология.

Далее.

Чего еще мы ждем от устройства, воспроизводящего цветопробу?

1. «Растровости» пробы (при пожелании заказчика).
2. Решения проблемы $2/10^\circ$ наблюдателя⁹.
3. Имитации спотов¹¹, результата их автотипной разбелки¹² и наложения плашек.
4. Имитации СМУ-колорантов и их бинаров¹⁰.

Попробуем разобраться в том, как с перечисленными задачами справляются системы «Принтер–RIP» и «Принтер-RGB-output профайл» (сразу отметим, что целью статьи не является реклама или антиреклама каких-либо продуктов и решений, и поэтому названий программ и принтеров не приводится; речь идет лишь о принципиальных решениях при цветовоспроизведении).

Растровая проба

Растровую цветопробу удовлетворительного качества сегодня можно получить только аналоговым способом, взяв растрированные фототехнические плёнки, те самые, которые в дальнейшем используются для изготовления печатных форм. Однако в данном случае удовлетворительным явится лишь качество растровых точек, но не «прогнозируемый» цвет элементов изображения. Впрочем, отличия аналоговой пробы от цифровой выходят за рамки данной статьи, поэтому мы ограничимся лишь утверждением того, что растровую цифровую цветопробу, удовлетворительно прогнозирующую тоновый и хроматический балансы потенциального оттиска при соблюдении исходных параметров печати тест-карт, можно получить лишь на сравнительно низких значениях линиатур – до 35-65 lpi. Связано это с низкой разрешающей способностью струйных принтеров (реальный параметр не более 720 dpi).

Далее. Для реализации растровой цветопробы нам понадобится фотовыводной RIP с функцией сохранения исходного PS-файла в TIFF-формате, после чего TIFF-файлы мы можем вывести на печать как при помощи цветопробного RIP, так и при помощи графического редактора. Здесь поможет применение т.н. device-link-profile. В этом случае обе технологии позволяют добиться одинакового результата.

Spot-имитация

Поскольку в нелинеаризованном режиме задействуется весь цветовой охват печатного устройства (а не часть, как в режиме линеаризованном), некоторые дорогие RIP-ы (например, GMG) позволяют использовать этот режим для эмуляции результатов печати spot-красками. Но и RGB-output профайл в режиме No Color Adjustment позволяет делать то же самое. Причем совершенно бесплатно. Соответственно с печатью spot-цветов, бинаров и СМУ-колорантов мы можем справиться без помощи RIP, что подтверждается практикой.

Имитация автотипной разбелки spot-красок

Проблему имитации автотипной разбелки spot-красок RIP-ы решают за счет печати дискретных растяжек (градиентов) и последующих элементарных (базовых) спектроколориметрических измерений. Но этот метод не приносит удовлетворительного

результата, потому что анализировать и предсказывать поведение spot-красок можно только на основании глубокого (и очень дорогого) спектрального анализа этих измерений. Также не решается вопрос о поведении spot-красок при наложении друг на друга. Здесь ни RIP ни RGB-output профайл не годятся для решения проблемы.

А вот в вопросе 2/10° наблюдателя у RGB-output профилирования есть преимущества: из-за того, что процесс не автоматизирован, пользователь может вручную «контекстно» разделить изображение на зоны 2° и 10° наблюдателей. Потребуется некоторые усилия и навыки, но задача будет в принципе решена. Когда (и если) будет придуман алгоритм автоматического «контекстного» анализа изображения по параметрам 2/10°, тогда и RIP-ы будут справляться с данной задачей.

Итак, дорогие коллеги, мы разобрали два подхода к получению цифровой пробы. Основной вывод, который можно сделать на текущий момент развития технологии струйной печати таков: для получения цветопробы, удовлетворяющей/соответствующей как бюрократическим требованиям ISO, так и требованиям «обычной» полиграфической практики – совершенно не обязательно применение цветопробного RIP.

Проанализировав свое производство и задачи стоящие перед вами, вы в состоянии самостоятельно сделать выбор в пользу того или иного подхода к организации цветопробного процесса.

¹ В данной статье под словом «цветопроба» следует понимать в соответствии с описанным в стандарте ISO 12647.

² трихроматический принцип обозначает что, три типа колбочек (чувствительны к красному, зеленому и синему цвету) работают как независимые рецепторные системы. Сравнивая интенсивность сигналов от трех типов колбочек, зрительная сенсорная система производит «виртуальное аддитивное смещение» и вычисляет истинный цвет. Авторы теории - Юнг, Максвелл, Гельмгольц.

³ колориметрически точная цветопередача по-английски звучит как «colorimetric rendering intent»

⁴ колоранты – это красители, на которых построен конкретный цветорепродукционный процесс.

⁵ «Баланса серого» (Grey balance) - Тоновые значения для Cyan, Magenta и Yellow цветов в файле данных или на печатных формах считаются сбалансированными по серому, если печатный оттиск имеет ахроматический цвет при заданных условиях наблюдения.

Существует два толкования «серого», которые иногда конфликтуют между собой:

-- серым считается цвет, имеющий значения координат a^* и b^* в системе CIELAB такие же как и печатная основа;

-- серым считается цвет, имеющий значения координат a^* и b^* в системе CIELAB такие же, как и полутоновой оттиск черной (K) печатной краски со сходным значением L^* .

Второе определение особенно полезно в области средних и темных тонов, тогда как первое — отлично работает в светлых тонах.

⁶ аппаратно-независимая реализация по-английски называется DIR – Device Independent Reproduction

⁷ Lab – это Цветовое пространство CIELAB

[CIELAB colour space / CIE 1976 L^* , a^* , b^* colour space]

Трехмерное, приблизительно равноконтрастное с точки зрения восприятия, цветовое пространство, получаемое в результате представления L^* , a^* , b^* в прямоугольной системе координат.

⁸ интерполяция – это восстановление значения функции в промежуточной точке по известным ее значениям в соседних точках.

⁹ проблемы 2/10° наблюдателя – это проблемы отличия в цветовом восприятии малых (менее 25 кв. см) и крупных областей изображения (более 25 кв. см), имеющих при этом одинаковый спектральный коэффициент отражения (пропускания).

¹⁰ бинары – это область поверхности, запечатанная 100%-ыми плашками двух колорантов, положенных одна на другую (например Cyan и Yellow).

¹¹ споты – это самостоятельные (дополнительные) краски, не входящие в состав стандартной триады (СМΥК).

¹² автотипная разбелка – это метод регулирования фотометрической яркости света (цветового стимула), отраженного от поверхности, запечатанной той или иной краской; реализуется за счет точечного (растрированного) наложения этой краски на поверхность.

¹⁴ Gamut – это Максимальная протяженность цветового пространства, которое может быть использовано оригинальным изображением, устройством вывода или цветорепродукционным процессом в целом.