

УДК 004.35

С.В. Чемодуров

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ЦВЕТОМ В ПОДГОТОВКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ЦВЕТНОЙ ПЕЧАТИ

Проводится анализ существующего алгоритма управления цветом на базе международного стандарта ICC. Показывается ограничение алгоритма, обусловленное человеческим фактором восприятия цвета и техническими особенностями данной технологии воспроизведения. Предлагается усовершенствованный алгоритм управления цветом.

Введение

Современная цифровая печать представляет собой отрасль производства печатной продукции, в которой допечатная подготовка и непосредственно печать изображений или документов объединены в единый программно-аппаратный комплекс на базе ПК. В отличие от аналоговых технологий (например, офсетной печати) печатная форма имеет цифровой формат, что позволяет оперативно вносить изменения в технологический процесс и печатать с низкими трудозатратами сколь угодно малые тиражи, вплоть до одной копии. Кроме того, цифровая печать поддерживает работу в формате открытых цветовоспроизводящих систем, работающих на основе сетевых технологий по принципу географически удаленных звеньев. По сравнению с закрытыми (географически собранными в одну точку) открытые системы становятся все более популярными по всему миру благодаря гибкости и оперативности работы.

Допечатная подготовка состоит из трех стадий: оцифровка оригинала (изготовление цифрового оригинал-макета), просмотр и редактирование цифрового изображения, растривание изображения (верстка в формат, поддерживаемый печатной машиной) с помощью ПК и специального программного обеспечения. Стадии могут осуществляться на удаленных друг от друга звеньях [1].

Управление цветом – это многоступенчатый процесс обработки цветовой характеристики изображения на всех стадиях технологического цикла допечатной подготовки, позволяющий получить ожидаемые и предсказуемые цветовые ощущения при просмотре печатной копии оригинала.

Искажения цветовой информации между звеньями в технологическом цикле цифровой печати неизбежны. Основными причинами таких искажений являются:

– многообразие различных устройств воспроизведения цвета, применяемых в производстве, и, как следствие, неоднозначность аппаратных данных о цвете, обусловленная аппаратной зависимостью цветковых моделей и уникальностью цветковых охватов устройств;

– условия открытых цветовоспроизводящих систем, в которых различные звенья производственной цепочки стыкуются посредством сетей и стыковка не всегда происходит корректно [2].

1. Традиционный алгоритм управления цветом на основе международного стандарта ICC

Алгоритм, предложенный Международным консорциумом по цвету (International Color Consortium – ICC), основывается на интеграции в технологический цикл ICC-профайлов (рис. 1).

ICC-профайл (ICC-profile) – это специальный файл, в котором хранится вся необходимая информация об особенностях конкретного устройства воспроизведения цвета с учетом текущих значений всех факторов, влияющих на воспроизведение цвета на данном устройстве [3].

Факторы, оказывающие влияние на воспроизведение цвета:

а) монитором:

– качество люминофоров;

– характеристики видеокарты;

- пользовательские настройки (яркость, контраст, цветовая температура);
- настройки операционной системы;
- настройки графического редактора;
- б) широкоформатным струйным принтером:
 - тип запечатываемого материала;
 - тип чернил;
 - режим печати;
 - настройки приложения;
 - микроклимат в помещении (температура и влажность).

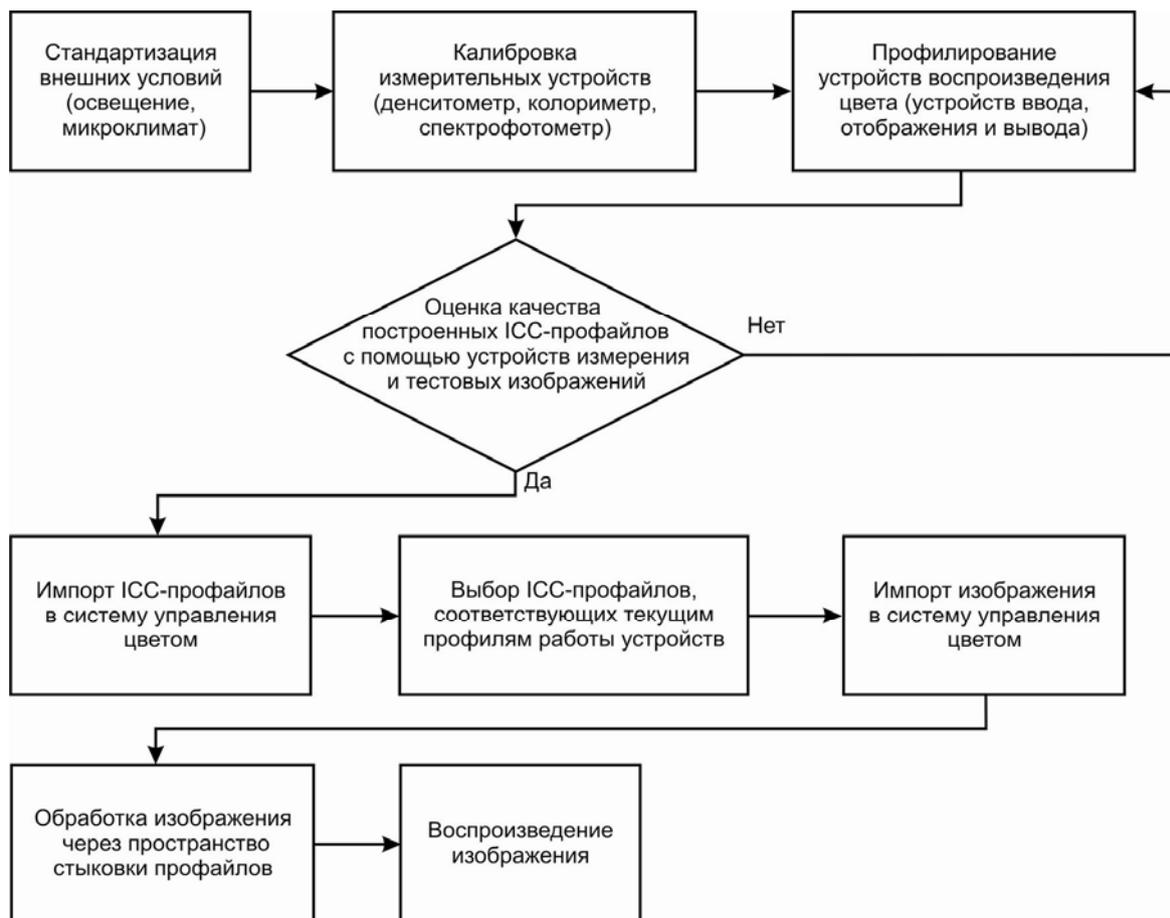


Рис. 1. Блок-схема традиционного алгоритма управления цветом по стандарту ICC

Правильное создание ICC-профайла требует определенных знаний и ресурсов. Математически учесть все факторы, влияющие на цветовоспроизведение, невозможно, поэтому ICC-профайлы создаются путем вычисления цветовых координат некоторого набора аппаратных данных с помощью измерения спектральных характеристик колориметрическими устройствами (денситометрами, колориметрами и спектрофотометрами). Процесс создания ICC-профайла называется *характеризацией*, или *профилированием*, устройства [3].

Информация, содержащаяся в ICC-профайле, необходима для преобразований, которые выполняет *модуль управления цветом* (Color Management Module – CMM). Он может быть либо системным (включен по умолчанию в Microsoft Windows или другую ОС), либо коммерческим, являющимся частью графического редактора (например, Adobe) или *процессора растровой обработки* (Rasterizing Image Processor – RIP). Во втором случае, как правило, CMM более функционален и удобен.

Модули управления цветом, графический редактор и набор ICC-профайлов являются компонентами *системы управления цветом* (Color Management System – CMS) (рис. 2).

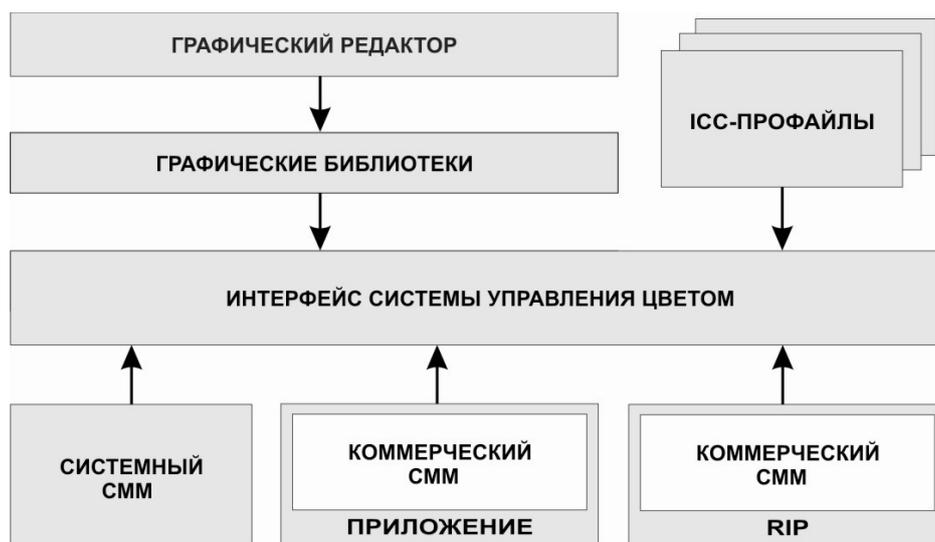


Рис. 2. Структурная схема системы управления цветом

Пространство стыковки профайлов (Profile Connection Space – PCS) – это виртуальный центр CMS, благодаря которому осуществляется любое преобразование из одной цветовой модели в другую: из RGB в CMYK, из CMYK в RGB, из RGB в R'G'B', из CMYK в C'M'Y'K. Фактически, PCS – это определяемая в каждом ICC-профайле цветовая координатная система, в которой вычислялись цветовые координаты при создании профайла. Любая попытка устройства воспроизвести цвет согласуется с ICC-профайлом и соответствующим образом корректируется через PCS [4].

В зависимости от устройства ICC-профайлы бывают трех типов: ввода, просмотра и вывода (рис. 3).

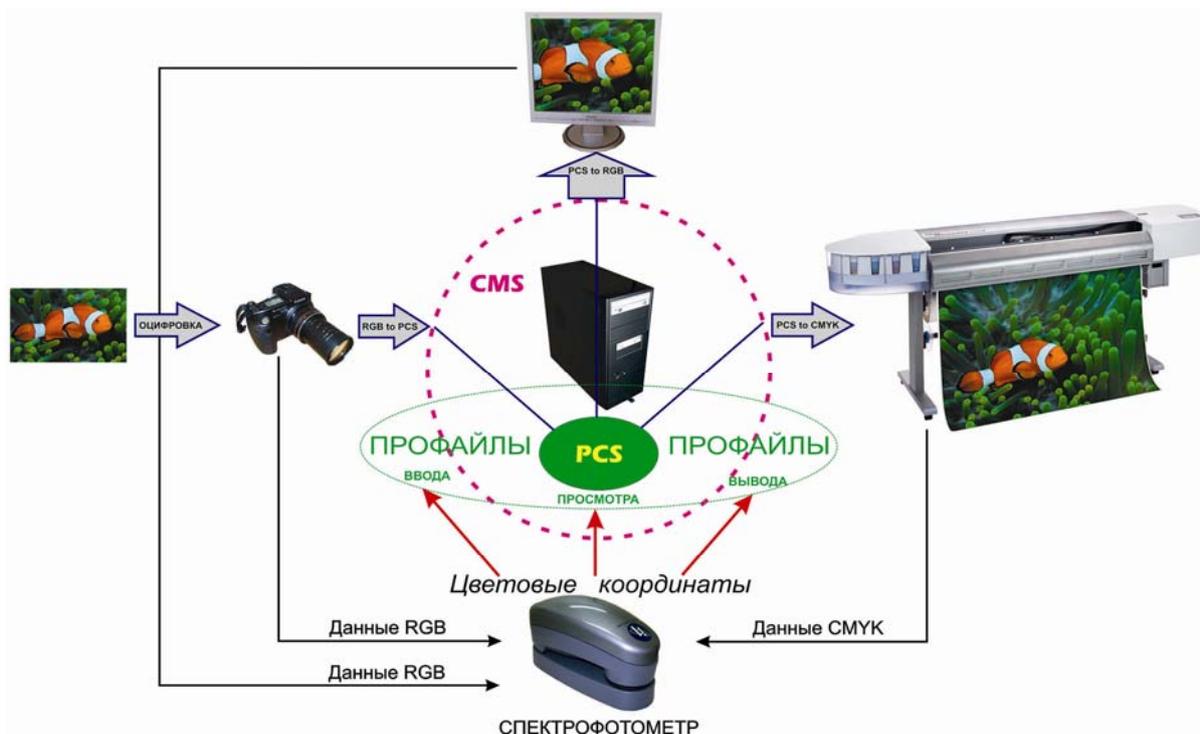


Рис. 3. Структура программно-аппаратного комплекса управления цветом

Качество ICC-профайлов проверяется комплексной визуально-инструментальной оценкой тестовых изображений, напечатанных с использованием построенных ICC-профайлов.

2. Недостатки традиционного алгоритма управления цветом

Характерная особенность струйной технологии печати заключается в том, что при использовании оригинальных красителей струйный принтер имеет расширенную цветовую гамму по сравнению с другими технологиями, что обеспечивает более сочное, яркое и контрастное воспроизведение чистых (с максимальной насыщенностью) тонов при печати без цветовых коррекций. Другими словами, если отправить на печать значение C0/M100/Y100/K0 (красный цвет), то без использования ICC-профайла вывод тон получается более глубоким и насыщенным, чем полученный с использованием ICC-профайла. То же самое справедливо и в отношении всех остальных чистых тонов, а также тонов, близких к ним.

Как следствие цветовые ощущения при печати плашечных цветов (однотонных областей, покрывающих некоторую площадь изображения) со значениями плотностей, близких к чистым тонам и равных им, без использования ICC нравятся подавляющему большинству конечных пользователей больше, чем с использованием ICC. Причина этого в том, что модель СМΥК изначально разрабатывалась под офсетную технологию печати, в которой красители имеют сравнительно небольшой цветовой охват, и все эталонные цветовые координаты для различных наборов СМΥК были сформированы именно с использованием офсетных красок. Офсетный печатный оттиск, соответствующий значению C0/M100/Y100/K0, будет выглядеть почти так же, как и струйная печатная копия с использованием ICC-профайла, который подкорректирует воспроизведение таким образом, что кроме желтых и пурпурных чернил будет подаваться небольшой процент голубых и черных для уменьшения насыщенности и приближения к офсетному эталону.

Таким образом, применение стандарта ICC в струйных принтерах, использующих оригинальные чернила, искусственно сжимает цветовой охват принтера до размеров цветового охвата офсетного печатного станка. Если при печати сложных изображений, где используется большое количество разнообразных СМΥК-комбинаций, этого в большинстве случаев не будет заметно, то при печати чистых тонов эффект насыщенности пропадает.

Управление цветом в соответствии с концепцией ICC подразумевает одну общую цель: минимизировать цветовые расхождения оригинала и копии, полученной в результате некоторого технологического процесса. Теоретически это правильно – воспроизводить цвета согласно общепринятым мировым стандартам, но на практике у каждого проекта есть заказчик, у которого свои интересы, не обязательно совпадающие с интересами ICC. Это особенно характерно для отечественного рынка печатной продукции, где пока еще стандарт ICC является новинкой, к которой многие относятся с недоверием, предпочитая печатать ярко, броско, насыщенно, не обязательно с точным попаданием в цвет. С другой стороны, задача управления цветом – не только точность цветопередачи, но и любые действия, ведущие к максимальному удовлетворению конечного пользователя. Поэтому в каждом отдельно взятом проекте нужно в первую очередь учитывать человеческий фактор, т. е. предпочтения заказчика относительно характера печатной продукции.

Фактор входного файла, не учитываемый в традиционном алгоритме, подразумевает, что в каждом отдельном случае необходимо проводить детальный анализ файла с изображением, чтобы учесть все особенности, которыми обладает данное изображение. Такими особенностями могут быть объекты с памятными цветами (цвет травы, неба, человеческой кожи), которые необходимо точно воспроизвести, иначе эффект при просмотре печатной продукции будет испорчен. Это могут быть также логотипы компаний с эталонными цветами, которые также необходимо точно воспроизвести. Другие особенности, например текстовый фрагмент со значениями C0/M100/Y100/K0 (красный цвет), позволяют минимизировать точность цветопередачи и сделать акцент на насыщенности для достижения наилучшего эффекта при просмотре печатной копии. Таким образом, применение однообразного подхода без учета особенностей входных файлов не сможет дать максимально положительного эффекта.

3. Направления оптимизации алгоритма

Перечисленные в разд. 2 недостатки применения метода ICC в цифровой струйной печати обусловили следующие два направления оптимизации алгоритма управления цветом:

– обеспечение индивидуального подхода к каждому отдельному проекту, включающего анализ предпочтений заказчика по цветопередаче и анализ характера каждого исходного изображения в аспектах формата и содержания файла;

– обеспечение возможности совмещения стандарта ICC в управлении цветом и эффекта насыщенности чистых тонов там, где это возможно, с учетом предпочтений заказчика и характера изображения.

Оптимизированный алгоритм управления цветом на базе комплекса цифровой струйной печати должен сочетать в себе возможность использования традиционных средств ICC и сохранения эффекта насыщенности чистых тонов, присущего данной технологии печати. Каждому изображению, предназначенному для печати, должна быть присвоена определенная категория, в соответствии с которой составляется *сценарий управления цветом* – последовательность действий, включающая использование ICC-профайлов и иных технических средств для оптимальной цветовой коррекции изображения.

4. Оптимизированный алгоритм управления цветом

Алгоритм состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Анализ входного файла с изображением. В зависимости от характера изображения и формата файла изображению присваивается одна из четырех категорий (рис. 4):

F0 – «фотоизображение». Растровый файл без плашечных цветов. Форматы TIFF, JPEG, PSD, BMP;

F1 – «комплексное изображение 1». Растровый файл с незначительным содержанием плашечных цветов или смешанный тип файла. Форматы TIFF, JPEG, PSD, BMP, CDR, AI, EPS, PDF;

F2 – «комплексное изображение 2». Растровый файл со значительным содержанием плашечных цветов, векторный файл с растровыми элементами или смешанный тип файла. Форматы TIFF, JPEG, PSD, BMP, CDR, AI, EPS, PDF;

F3 – «векторная графика». Векторный файл, только плашечные цвета. Форматы CDR, AI, EPS, PDF.

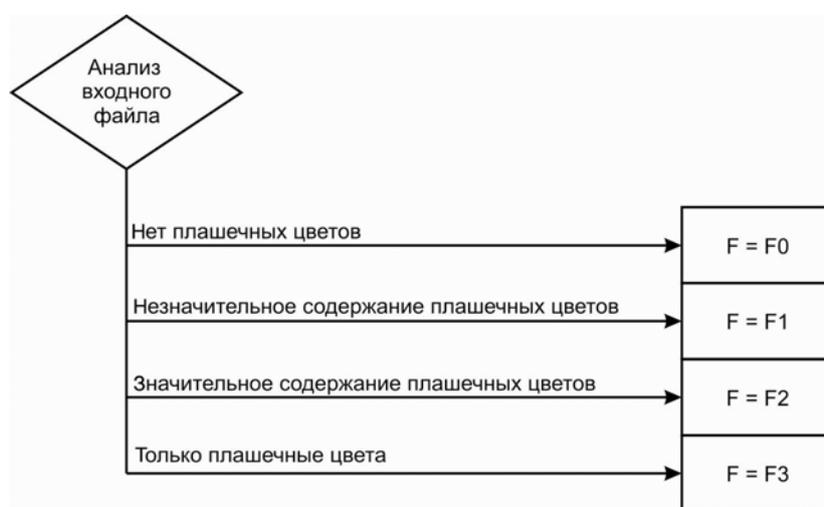


Рис. 4. Блок-схема классификатора категорий для входного файла

Границы между четырьмя категориями входного файла не являются строгими, и в некоторых случаях нельзя однозначно определить, к какой категории следует отнести файл (особенно это касается категорий F1 и F2). В связи с этим данный шаг алгоритма возлагается на оператора печатного процесса, который, руководствуясь вышеприведенной схемой, а также полагаясь на собственный опыт, определяет категорию для входного файла. Описанные четыре категории в полной мере покрывают все возможные типы графических файлов.

Шаг 2. Анализ предпочтений заказчика. Данный шаг подразумевает опрос заказчика относительно его предпочтений. Как правило, для большинства коммерческих проектов важна точность цветопередачи. Особенно это характерно для воспроизведения фирменных (корпоративных) цветов, а также памятных цветов (цветов, хорошо известных наблюдателю, например цвета неба, травы, человеческой кожи и т. д.). В некоторых случаях (например, при печати для световых дисплеев – конструкций, в которых используется подсветка изображений изнутри) требуется повысить насыщенность в ущерб точности цветопередачи. Таким образом, у заказчика проекта могут быть два требования: точность цветопередачи или насыщенность воспроизведения цветов. В тех случаях, когда требования со стороны заказчика отсутствуют, вводится дополнительный нейтральный приоритет.

Таким образом, на основании предпочтений заказчика оператор присваивает проекту одно из трех значений Р (рис. 5):

P0 – ориентация на точность цветопередачи;

P1 – нейтральный приоритет;

P2 – ориентация на насыщенность воспроизведения цветов.

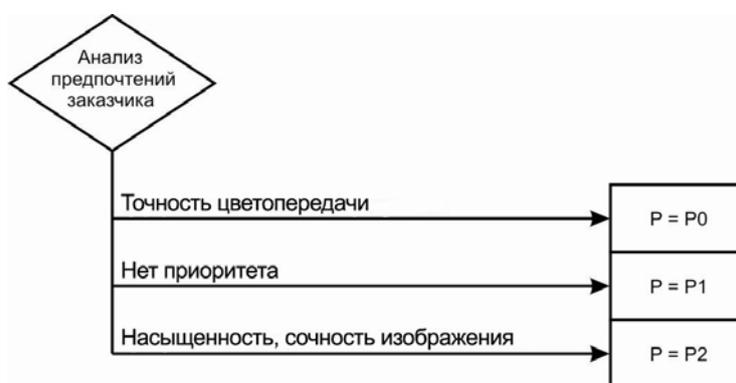


Рис. 5. Блок-схема классификатора приоритета в воспроизведении цветов

Шаг 3. Выбор сценария управления цветом. Имея значения F и P для текущего проекта, оператор задает сценарий управления цветом (таблица).

Сценарии управления цветом при различных комбинациях входных параметров F и P

	F0	F1	F2	F3
P0	Per	Bitmap: Per Vector: Rel Col	Bitmap: Per Vector: Rel Col	Rel Col
P1	Per	Bitmap: Per Vector: Rel Col	Bitmap: Per Vector: Sat	Sat + ACS
P2	Sat	Bitmap: Sat Vector: Sat + ACS	Bitmap: Sat Vector: Sat + ACS	No Color Correction

Примечания:

Per (Perceptual) – схема пересчета, основанная на особенностях человеческого восприятия цвета [5]. В ее основе лежит алгоритм максимального сохранения цветовых соотношений в исходном изображении, при этом пересчитываются как цвета, находящиеся вне цветового охвата устройства (внегамутные цвета), так и попадающие в охват. Схема дает наибольшую точность цветопередачи для изображений, содержащих много внегамутных цветов. Особенно часто используется для фотоизображений.

Rel Col (Relative Colorimetric) – схема пересчета, в которой пересчитываются только внегамутные цвета (приводятся к ближайшему попадающему в охват устройства эквиваленту) [5]. Остальные цвета остаются без изменений. В большинстве случаев этот пересчет изменяет точку белого, производится относительно точки белого целевого устройства и называется относительным колориметрическим.

Sat (Saturation) – схема пересчета, пытающаяся сохранить насколько возможно насыщенность цветов в ущерб точности передачи оттенков или перцепционным соотношениям [5]. Эта схема обычно используется для информационной графики, такой, как диаграммы и карты, где желательно сохранять насыщенные яркие цвета или где насыщенность различных участков несет важную информацию.

Сценарий управления цветом может включать в себя два этапа:

1. В зависимости от категории изображения и установленного приоритета выбирается одна из трех predefined в ICC-профайле цветовых схем пересчета (Color Rendering Intent –

CRI) из пространства стыковки профайлов в цветовую модель принтера: Perceptual, Relative Colorimetric и Saturation.

В смешанных файлах (форматы CDR, AI, EPS, PDF) схемы пересчета могут выбираться отдельно для растровых и векторных элементов.

2. В некоторых комбинациях F и P для сохранения эффекта насыщенности чистых тонов используется метод ACS (Accurate Color Saturation), работающий с плашечными цветами. Метод основывается на редактировании существующего ICC-профайла с целью защиты заданных комбинаций CMYK от коррекции, предписанной данным профайлом. Таким образом, все остальные комбинации будут преобразованы согласно профайлу, а нужные сочетания, являющиеся чистыми тонами или близкими к ним, сохранят свою первоначальную насыщенность.

Для комплексных изображений, содержащих как растровые, так и векторные данные, СММ позволяет указывать по две различные схемы пересчета для одного и того же изображения, но разных его сегментов (растрового и векторного).

Таким образом, пользователь не должен каждый раз определять, как должно обрабатываться то или иное изображение либо его отдельные сегменты (для комплексных изображений). По введенным значениям параметров F и P специальная надстройка над СММ реализует соответствующий сценарий управления цветом.

В общем виде адаптивный алгоритм управления цветом с учетом оптимизации по входному файлу и предпочтениям заказчика представлен на рис. 6.

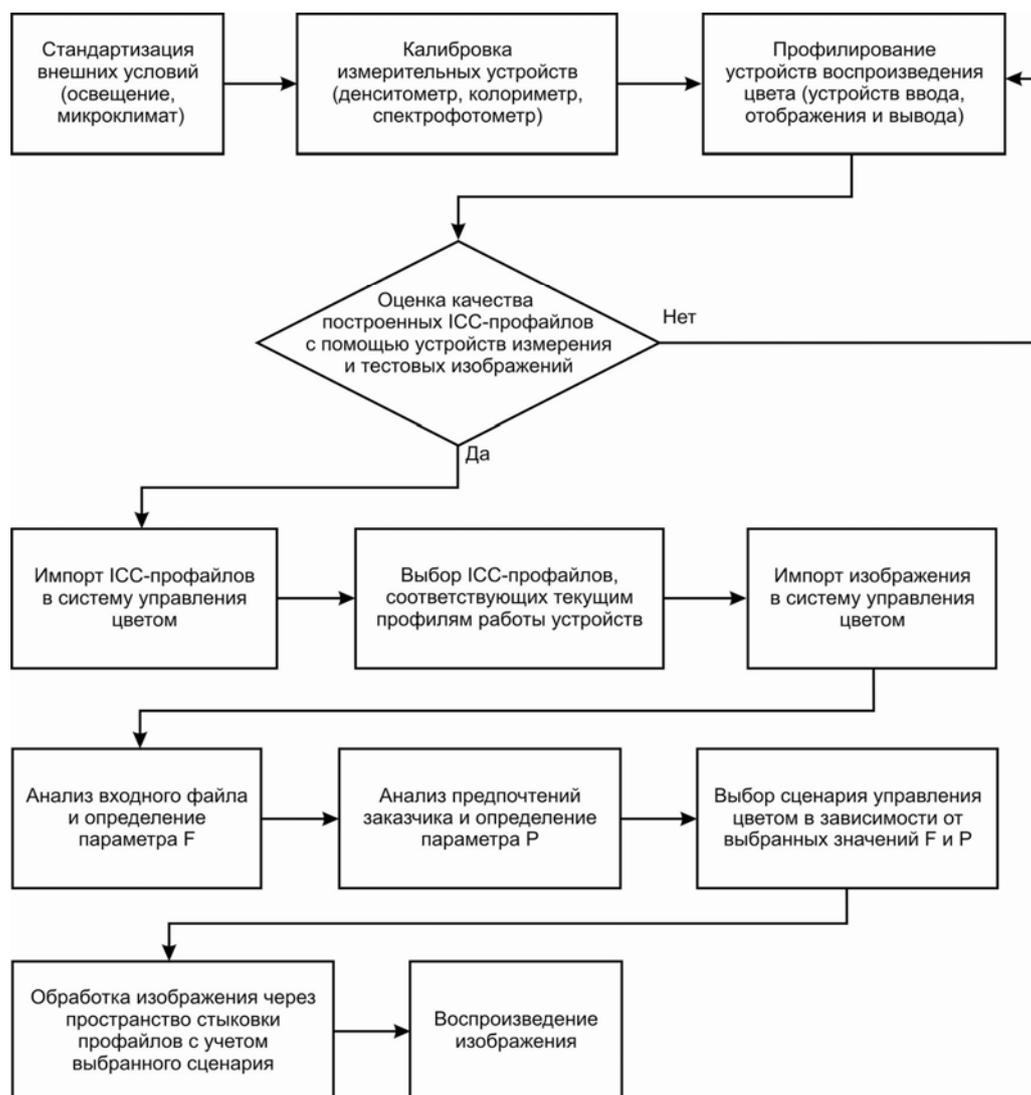


Рис. 6. Блок-схема адаптивного алгоритма управления цветом по стандарту ICC

В результате эксперимента по внедрению приведенного алгоритма в производственный цикл ООО «Реколтэ» количество негативных отзывов по воспроизведению цвета со стороны заказчиков печатной продукции сократилось на 73 % (данные на 2008 и 2009 гг. по сравнению с 2006 и 2007 гг.).

Заключение

Комплексный подход к анализу входных изображений и учет человеческого фактора позволяют добиться более приемлемых при производстве печатной продукции результатов в сравнении с применением традиционного алгоритма ICC. В настоящее время алгоритм совершенствуется в условиях реального производства на базе парка оборудования ООО «Реколтэ».

Список литературы

1. Айриг, С. Подготовка цифровых изображений для печати / С. Айриг, Э. Айриг. – Минск : Попурри, 1997. – 178 с.
2. Стефанов, С.С. Полиграфия для рекламистов и не только / С.С. Стефанов. – М. : Гелла-Принт, 2002. – 343 с.
3. McDowell, D.Q. Viewing conditions, colorimetric measurements and profile making / D.Q. McDowell // IPA Bulletin. – 2004. – Vol. 7. – P. 15.
4. King, J.C. Tutorial on Color Management / J.C. King // Adobe Systems Inc. – 2000. – Vol. 16. – P. 22.
5. McDowell, D.Q. Viewing conditions, colorimetric measurements and profile making / D.Q. McDowell // IPA Bulletin. – 2004. – Vol. 7. – P. 19–20.

Поступила 17.08.09

ООО «Реколтэ»,
Минск, Игнатенко, 4
e-mail: sergey@rekolte.by

S.V. Tchomodurov

OPTIMIZED COLOR MANAGEMENT ALGORITHM FOR IMAGE PRE-PROCESSING IN DIGITAL COLOR PRINTING

Color management algorithm based on the standards of International Color Consortium (ICC) doesn't provide appropriate results for some specific color reproduction technologies including digital color printing. For such technologies the optimization of the algorithm provides better possibilities for taking into consideration the following two important factors: human's color perception details and specific properties of the printing technology. Consideration of these factors allow to improve the results of color reproduction. The suggested algorithm has been tested and approved in real production conditions.