

Расслоение изображений печатных документов с использованием цветовой кластеризации¹

Ю.В. Виноградова, Д.П. Николаев, Д.Г. Слугин

Аннотация. В работе предлагается новый метод расслоения цветного изображения печатного документа для сжатия по расширенной модели MRC. В основе предлагаемого метода лежит анализ распределения цветовых характеристик изображения документа в цветовом пространстве, причем выбранное пространство дает хорошую разделимость кластеров. Задается класс рассматриваемых документов и определяется математическая модель формы цветовых распределений. В результате задача поиска распределений в трехмерном пространстве сводится к кластеризации одномерной гистограммы.

Ключевые слова: расслоение изображений, цветовое пространство, сжатие изображений, технология смешанного растрового содержимого, PDF/A.

Введение

Быстрое развитие информационных технологий и увеличение потока информации, необходимого для нормального функционирования бизнес-процессов, обуславливают широкое использование электронных документов. Работа с такими видами документов по сравнению с бумажными имеет несколько преимуществ: во-первых, облегчается поиск необходимых документов и содержащейся в них информации, во-вторых, облегчается пересылка их другим заинтересованным лицам, в-третьих, увеличивается надежность хранения, качество документов не ухудшается со временем. Несмотря на все эти преимущества значительная часть информации в наше время хранится в бумажном виде. Это можно объяснить рядом причин [1]: во-первых, сохраняется низкий уровень компьютерной грамотности населения; во-вторых, отсутствует

соответствующая юридическая основа и стандарты на формат самого электронного документа, единые стандарты передачи и обработки данных электронного документа. Все это создало ситуацию, когда нормой стал двойной документооборот – бумажный и электронный, когда значительную часть своего жизненного цикла документ или переходит из состояния в состояние или находится в обоих состояниях одновременно.

Перевод бумажных документов в электронный вид осуществляется путем сканирования или фотографирования. Изображение финансового документа формата А4 (счета-фактуры, договора, накладной и т.д.) имеет исходный размер порядка 24 Мб при сканировании в цветном режиме в разрешении 300 DPI. Для эффективного хранения, обработки, передачи по каналам файлов таких размеров необходимо их предварительно сжимать.

¹ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №13-07-12170, №13-07-12171, №13-07-12173, №13-07-12176



Рис. 1. Схема работы MRC

Сегодня существует большое количество различных методов и форматов сжатия изображений. Применимость методов зависит от типа исходных данных и особенностей изображения. Например, при работе с цветными рисунками, для которых характерны плавные границы переходов, благодаря тому, что человек способен игнорировать высокочастотные яркостные и, в ещё большей степени, цветовые искажения, высокого коэффициента сжатия возможно достичь за счёт потери части информации, что эксплуатируют форматы JPEG [2] и JPEG2000 [3]. Однобитные изображения текста, которые в отличие от упомянутых содержат большое количество резких границ переходов и схожих сегментов, должны сжиматься с использованием метода, при котором основное внимание уделяется сохранению деталей и структуры входного изображения, например, JBIG [4].

В большинстве случаев современный финансовый документ представляет собой комбинацию текста, рисунков (фотографий, логотипов) и различных графических элементов (печатей, штампов, подписей и других), то есть имеет сложную структуру. Для его сжатия использовать какой-либо один тип сжатия малоэффективно, гораздо разумнее разделить изображение на однотипные элементы и сжать их уже наиболее подходящим образом [5]. Кроме того, при таком разделении данных целесообразно использовать различное пространственное разрешение для различных данных: высокое разрешение для формы текста и рисунков, и низкое разрешение – для цвета текста и цвета фона.

Технология, реализующая эти идеи, носит название MRC (Mixed Raster Content) – технология смешанного растрового содержимого [6], описывается стандартами ISO/IEC 16485:2000

[7] или ITU-T T.44 [8]. Данная технология специально разработана для сжатия сложных изображений документов, поддерживается форматами PDF/A [9] и DjVu [10]. Основная идея MRC – это выделение нескольких растровых слоев, каждый из которых содержит объекты определенного класса, и сжатие каждого слоя наиболее подходящим образом с различным разрешением. MRC – это не формат сжатия, а модель, описывающая работу систем по сжатию изображения.

Базовая модель MRC [8] состоит из трех уровней (Рис. 1):

- фоновый слой – содержит пикселей заднего фона;
- передний слой – содержит закраску пикселей переднего плана;
- маска – задает правило образования результирующего изображения: 1 – пиксель берется с переднего слоя, 0 – с фонового слоя;

Расширенная модель MRC [8] позволяет использовать большее число слоев, где обязательно присутствует фоновый слой и несколько последующих слоев, каждый из которых задается парой – маска и закраска. Все слои сливаются между собой в одно результирующее изображение (Рис. 2).

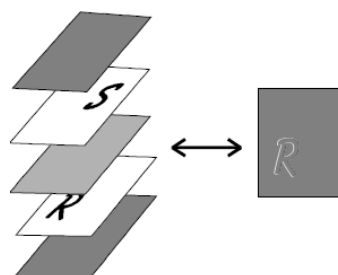


Рис. 2. Пример представления документа в расширенной модели MRC

Наиболее важным моментом в MRC является процесс построения маски, т.е. разделение пикселей на слои – расслоение. От него во многом зависит качество сжатия документа, ведь чем лучше мы разобьем изображение на однородные классы – слои, тем эффективнее они затем сожмутся. Если, например, важные компоненты переднего слоя будут детектированы неверно и попадут в фон, то затем они сохранятся со значительно более низким качеством, чем ожидалось, и станут смазанными. Если же, наоборот, часть фона определится неверно, то передний слой станет излишне зашумлен. Таким образом, ошибки детекции приводят либо к увеличению размера выходного файла, либо к ухудшению качества выходного изображения.

Поиск эффективного разделения изображения на слои является предметом исследования многих ученых [2, 6–9]. Для базовой модели MRC простым, однако вполне работоспособным методом разделения изображения на слои [15], является метод, в основе которого лежит выделение текста на изображении и отнесение его в передний слой, а оставшиеся компоненты – в фоновый слой. Для выделения текста обычно используют:

- методы бинаризации;
- методы на основе фильтрации изображения [6, 13, 14], в основе которых лежит предположение, что документы имеют строгую структуру, где текстовые блоки располагаются обособленно друг от друга, а текст имеет постоянный размер шрифта;
- методы, в основе которых лежат статистические модели [18], один из лучших коммерческих детекторов текста, внедренный в DjVu, использует скрытые Марковские модели (НММ) [19], однако подробные детали данного метода являются коммерческой тайной;
- методы для цветных изображений на основе анализа насыщенности пикселей изображения [11], в их основе лежит предположение, что цветовая насыщенность черного текста и белого фона близка к нулю, в то время как для синих печатей и подписей это значение велико, поэтому для выделения текста оказывается достаточным отделить цветную часть от не цветной.

Другой подход к разделению – выделить каждый монохроматический объект в отдель-

ный слой [15], т.е. найти на изображении квази-одноцветные объекты, например, с помощью цветовой сегментации [20]. Для реализации этого подхода необходимо использовать расширенную модель MRC.

В рамках проводимых исследований использовалась парадигма второго подхода, разработка велась вокруг метода разделения изображения цветного документа на монохроматические объекты при помощи цветовой кластеризации

1. Предлагаемый метод расслоения

В данной работе мы хотим рассмотреть расслоение изображений цветных документов (счетов-фактур, форм, договоров, накладных и т.д., Рис. 3) для дальнейшего сжатия по расширенной модели MRC.

Документы такого рода обладают рядом цветовых особенностей, а именно:

- фоном является лист белой бумаги;
- печатная часть таких документов, как правило, монохромно окрашена (черный текст);
- поверх печатной части располагаются однотонно окрашенные объекты (например, подписи и печати, чаще всего – синие).

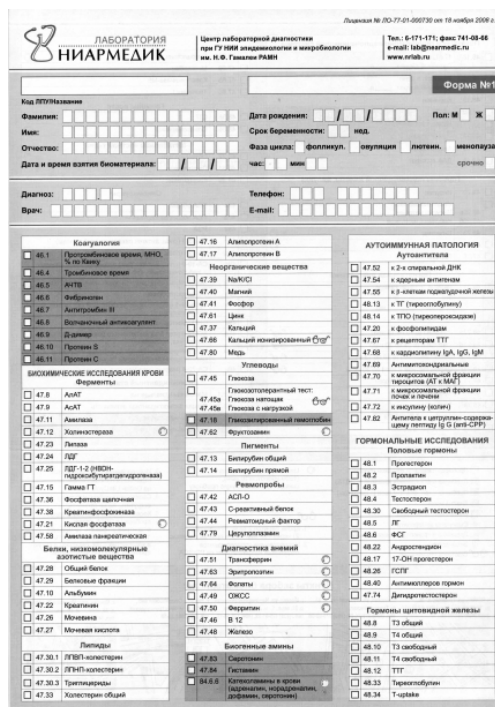


Рис. 3. Пример рассматриваемого документа

Таким образом, все объекты на изображении окрашены монохромно, поэтому задачу расслоения документов данного типа можно рассматривать как задачу разложения изображения по цветам [21], т.е. как задачу цветовой сегментации.

Для задачи сегментации однородно окрашенных объектов как нельзя лучше подходит метод кластерного анализа. Он представляет пиксели изображения в цветовом пространстве и объединяет «близкие» пиксели в отдельные кластеры таким образом, что в одном кластере точки имеют близкие цветовые характеристики. Кластеризация осложняется за счет преобразования цветов, возникающего при сканировании документов.

2. Модель формирования цвета для изображений документов

В данной работе мы рассматриваем изображения, получаемые сканированием бумажных документов. Будем вести рассмотрение в рамках линейной модели формирования цветных изображений [22] с целью получения математической модели формы цветовых распределений для изображений цветных документов.

При сканировании документ освещается лампой с заданным спектральным составом излучения, а отраженный свет фиксируется светочувствительной линейкой сканера, причем лампа и светочувствительная линейка представляют собой единый механический узел. Введем координаты на документе так, чтобы ось x была направлена вдоль сенсора. Тогда индикатриса освещенности точки документа не зависит от координаты y точки. Пренебрегая краевыми эффектами, будем считать, что угловое распределение освещенности не меняется и вдоль оси x . Угол наблюдения точки документа соответствующим ей элементом сенсора также не зависит от координат точки.

В такой ситуации спектральный состав $M(x, y, \lambda)$ света, попавшего из точки объекта (x, y) на соответствующий элемент сенсора, зависит от спектрального распределения коэффициента отражения в соответствующей точке объекта $\Phi(x, y, \lambda)$ и спектрального распределения излучения источника света $S(\lambda)$ следующим образом:

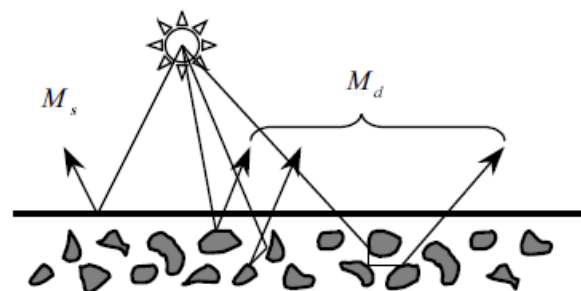


Рис.4. Спектральный состав отраженного света для лака с частицами красителя

$$M(x, y, \lambda) = S(\lambda) \cdot \Phi(x, y, \lambda).$$

Структура спектрального распределения коэффициента отражения $\Phi(x, y, \lambda)$ во многом зависит от типа используемой краски. Рассмотрим две базовые модели краски: краска, образована взвесью непрозрачных частиц красителя в лаке, или однородно окрашенный прозрачный лак.

Случай *лака с растворенными частицами красителя* характерен для глубокой печати, когда толстый слой красителя можно считать непрозрачным в целом (Рис.4). Тогда согласно дихроматической модели глянцевого диэлектрика С. Шефера [23], спектральный состав отраженного света $M(x, y, \lambda)$ определяется составом света, отраженного от границы раздела воздух-материал $M_s(x, y, \lambda)$, и света, отраженного частичками красителя $M_d(x, y, \lambda)$, где M_s называют зеркальной компонентой отражения, а M_d – диффузной компонентой:

$$M(x, y, \lambda) = M_s(x, y, \lambda) + M_d(x, y, \lambda).$$

В общем случае соотношение компонент зависит от условий освещения и наблюдения, а также от формы индикатрисы рассеяния конкретного красителя, и может различаться от точки к точке однородно окрашенного участка:

$$M(x, y, \lambda) = (\Phi_s(\lambda) \cdot g_s(x, y) + \Phi_d(\lambda) \cdot g_d(x, y)) \cdot S(\lambda).$$

Однако в случае сканирования геометрия освещения и наблюдения, как было сказано выше, не меняется от точки к точке, поэтому выражение можно существенно упростить:

$$M(x, y, \lambda) = (\Phi_s(\lambda) \cdot g_s + \Phi_d(\lambda) \cdot g_d) \cdot S(\lambda) \equiv \Phi_e(\lambda) \cdot S(\lambda).$$

Таким образом, при сканировании однородно-окрашенного участка документа соответствующий участок изображения оказывается также однородным (при условии адекватности модели Шефера).

В случае *однородного прозрачного цветного лака* (Рис. 5) свет проходит через слой лака, который (согласно закону Бугера-Ламберта-Бера) имеет при данной толщине l коэффициент пропускания $\Phi_1(\lambda, l) = \exp(-\phi_1(\lambda) \cdot 2 \cdot l)$ при прохождении луча в обе стороны, и отражается от бумаги с коэффициентом отражения $\Phi_2(\lambda)$.

Таким образом, спектральный состав отраженного света будет равен:

$$M(x, y, \lambda) = S(\lambda) \cdot \Phi_1(\lambda, l(x, y)) \cdot \Phi_2(\lambda).$$

Покажем теперь, что при определенных условиях цвет прозрачного лака можно рассматривать в рамках линейной модели. Введем ξ_1 – коэффициент поглощения краски и ξ_2 – коэффициент поглощения бумаги, при этом для простоты опустим аргументы:

$$\begin{aligned} \Phi_1 &= 1 - \xi_1, \\ \Phi_2 &= 1 - \xi_2. \end{aligned}$$

Тогда:

$$\Phi_1 \Phi_2 = (1 - \xi_1)(1 - \xi_2) = 1 - \xi_1 - \xi_2 + \xi_1 \xi_2.$$

В случае, если краска светлая и коэффициент отражения бумаги достаточно велик, то коэффициент поглощения $\xi = 1 - \Phi$ будет мал, следовательно, последним членом можно пренебречь:

$$\Phi_1 \Phi_2 \approx 1 - \xi_1 - \xi_2 = \Phi_1 + \Phi_2 - 1.$$

Это правило действует и при наложении нескольких красок. Совершенно аналогично в случае светлых ненасыщенных красителей зависимость от толщины слоя можно считать линейной:

$$\Phi_1(\lambda, l) = \exp(-\phi_1(\lambda) \cdot 2 \cdot l) \approx 1 - \Xi_1(\lambda) \cdot l.$$

Таким образом, спектральный состав отраженного света для одноцветного лака на белой бумаге определяется как линейная комбинация вида:

$$M(x, y, \lambda) = S(\lambda)(1 - \Xi_1(\lambda) \cdot l(x, y)).$$

Учтем теперь конечную площадь светочувствительного элемента. При регистрации пото-

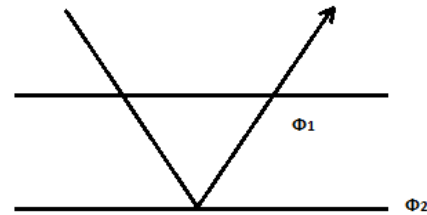


Рис. 5. Случай однородного лака

ка света, проходящего со сцены, сенсор преобразует поступающий сигнал в каждой точке (x, y) своей светочувствительной матрицы из спектрального стимула $M(x, y, \lambda)$. При этом сигнал берется как интеграл по площади пикселя. Считая, что на эту площадь попали несколько областей с разными красителями (или их отсутствием), получим:

$$M = \sum_i \Omega_i M_i, \sum_i \Omega_i = 1.$$

Таким образом, области однородной окраски, включая потертости и приграничные области, будут порождать взвешенную сумму собственного цвета и белого цвета бумаги. Аналогично ведут себя прозрачные красители переменной толщины (например, паста шариковых ручек на подписях). Отсюда можно сделать вывод, что регистрируемые сенсором цвета в цветовом пространстве сканера будут лежать на прямой, соединяющей белую точку (цвет бумаги) и цвет краски.

3. Цветовая сегментация изображения документа

Традиционно цвет пикселя задается тремя числами: R, G, B, которые являются координатами цвета в пространстве RGB. Цветовая модель RGB аппаратно-ориентирована, она описывает правило синтеза цвета для цветовоспроизведения на мониторах, но не всегда подходит для алгоритмов обработки изображений. Для этих целей гораздо разумнее использовать модель, в которой цвет описывается не как комбинация R – красного, G – зеленого, B – синего лучей света, а с помощью H – цветового тона, S – насыщенности, I – интенсивности. Цветовой тон является характеристикой, которая описывает оттенок цвета (желтый, оранжевый, красный и т.д.), насыщенность – выраженность цветового тона, а интенсивность

(полутоновая яркость) является субъективной характеристикой, которая практически не поддается измерению и является одним из ключевых параметров для описания цветового восприятия. Тон и насыщенность определяют цветность – хроматическую информацию, существенно коррелированную с окраской, а яркость коррелирована с освещенностью. Модель HIS широко используется в обработке изображений, хотя имеет недостаток представления цветовой информации, а именно нестабильность значений цветового тона при малых значениях насыщенности и яркости. HIS является зрительно неоднородным пространством, то есть две пары цветов, различия между которыми не воспринимаются человеческим глазом, могут иметь значительное расстояние между точками, соответствующим эти цвета. С другой стороны, пространство RGB не дает разделения на компоненты, связанные с окраской и с освещенностью. Данная проблема была практически решена после представления цветового пространства $\{\alpha\beta\}$, которое получают из RGB путем преобразования, представленного на Рис. 6. Система координат $\{\alpha\beta\}$ задается таким об-

разом, что вдоль диагонали куба располагается вектор l , он задает яркость, а $\alpha\beta$ задают перпендикулярную плоскость цветности.

Кластеризовать цвета пикселей в трехмерном пространстве весьма трудоемкая задача, гораздо разумней свести эту задачу к задаче на плоскости.

Получим двумерную гистограмму путем параллельной проекции цвета каждого пикселя изображения на плоскость цветности $\alpha\beta$. Общее распределение цветов на плоскости цветности после параллельной проекции, будет иметь вид, показанный на Рис. 7.

Заметим, что близкие цвета лежат относительно близко друг к другу на цветовой плоскости, но сами цвета между собой плохо разделены.

Как было отмечено, в рамках линейной модели формирования изображения, изложенной выше, регистрируемые сенсором цвета в цветовом пространстве сканера будут лежать на прямой, соединяющей белую точку (цвет бумаги) и цвет краски. Схематично это явление представлено на Рис. 8.

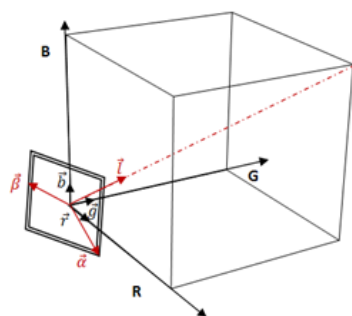


Рис. 6. Система координат $\{\alpha\beta\}$

$$\vec{\alpha} = \frac{\vec{r} - \vec{g}}{\sqrt{2}}$$

$$\vec{\beta} = \frac{2\vec{b} - \vec{r} - \vec{g}}{\sqrt{6}}$$

$$\vec{l} = \frac{\vec{r} + \vec{g} + \vec{b}}{\sqrt{3}}$$

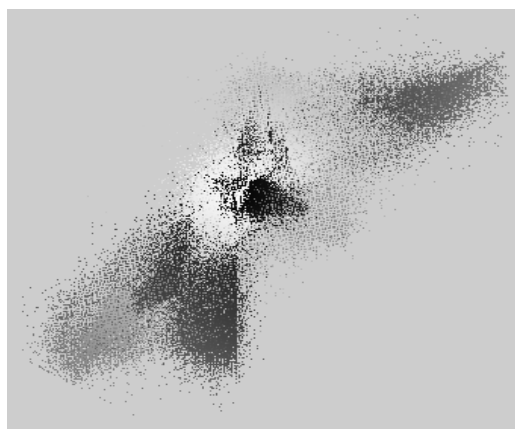


Рис. 7. Параллельная проекция точек изображения на плоскость цветности

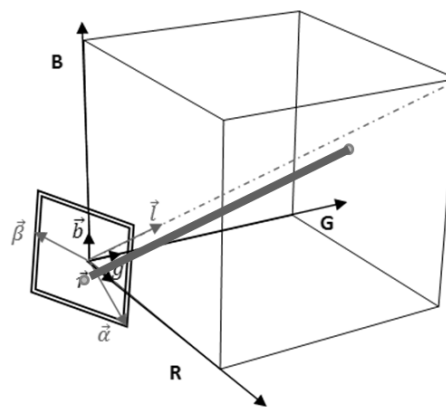




Рис. 8. Схема распределения получившихся цветов в цветовом пространстве

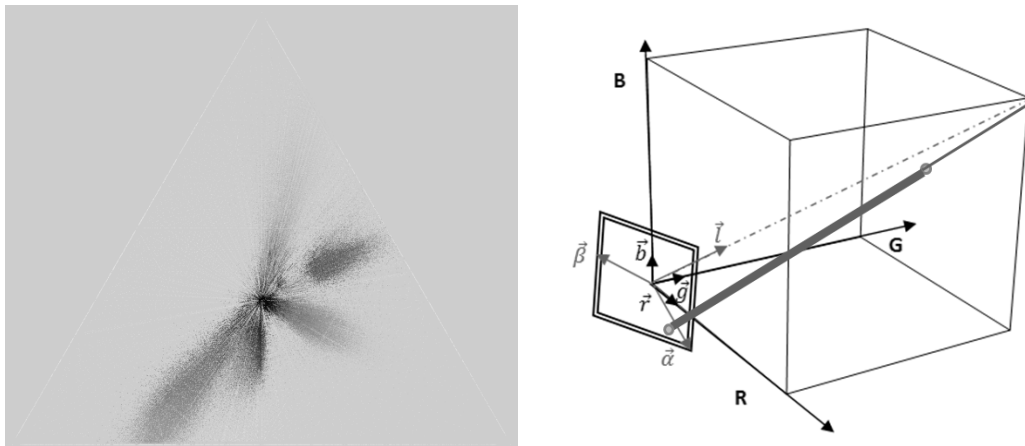


Рис. 9. Центральная проекция точек изображения на плоскость цветности

Воспользуемся линейной моделью формирования изображения и используем центральную проекцию через белую точку вместо параллельной проекции (Рис. 9).

Заметим, что на получившейся двумерной гистограмме, близкие цвета не только лежат относительно близко друг к другу, но и хорошо разделимы, в отличие от гистограммы на Рис. 7.

Задачу кластеризации двумерной гистограммы в нашем случае можно свести к задаче на одномерной гистограмме. Для этого введем систему координат, в которой точкой отсчета является проекция белой точки на плоскость, а оси направим любым удобным образом, например, как показано на Рис. 10. Вычислим значение угла цветового тона для каждого цвета, т.е. построим гистограмму по цветовому тону.

В результате получим гистограмму, показанную на Рис. 11.

Локальные максимумы на гистограмме соответствуют центрам кластеров, а их количество определяет количество различных цветов

на исходном изображении. Для поиска локальных максимумов мы использовали информацию о производных, предварительно сгладив гистограмму, например, гауссовским или box-фильтром.

Кластеризуем гистограмму, принимая за центры кластеризации локальные максимумы (Рис. 12).

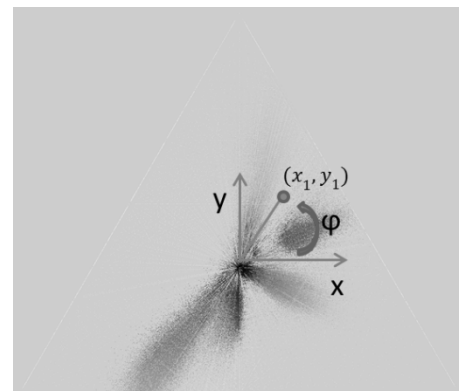


Рис. 10. Процесс построения одномерной гистограммы $\varphi = \arctg(\frac{y_1}{x_1})$, где (x_1, y_1) – координаты точки

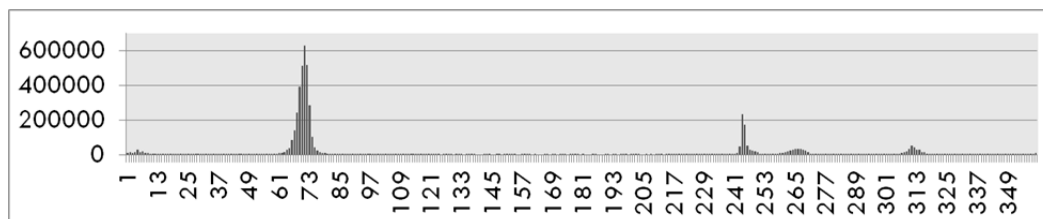


Рис. 11. Одномерная гистограмма

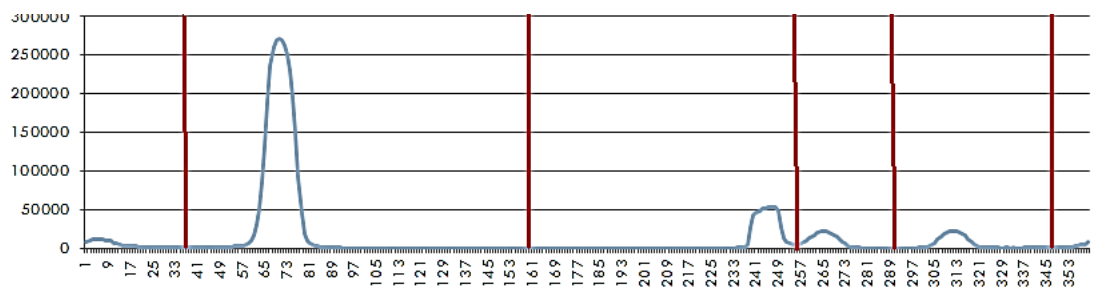


Рис. 12. Разделение гистограммы

Поставим в соответствие цвет каждого пикселя исходного изображения кластеру, в который попал данный цвет, и тем самым сегментируем исходное изображение, разбиваем его на отдельные слои.

Таким образом, мы построили алгоритм разделения изображения цветного печатного на слои для дальнейшего сжатия по расширенной модели MRC. Алгоритм выглядит следующим образом.

1. Построение двумерной гистограммы за счет центральной проекции каждой точки ис-

ходного изображения на плоскость цветности.

2. Построение одномерной гистограммы по двумерной.

3. Поиск локальных максимумов на гистограмме.

4. Разделение гистограммы (кластеризация).

5. Разделение исходного изображения на цвета в соответствии с получившимися кластерами.

Примеры слоев, получаемых в результате работы алгоритма, представлены на Рис. 13.



Рис. 13. Пример работы предлагаемого алгоритма



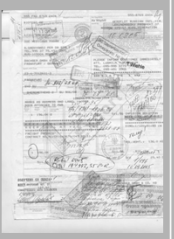

				
jpg	2536,85	1340,77	4326,39	934,79
PDF/A (расслоение по насыщенности)	73,66	347,51	506,56	61,09
PDF/A (расслоение по цветности)	42,00	132,21	263,56	42,77

Рис. 14. Результаты работы алгоритма, в Килобайтах

Сопоставим результаты работы алгоритма с исходным файлом, сжатым в формате jpg сравнимого качества, и с результатами цветовой сегментации по насыщенности [11]. В качестве контейнера слоев выбран формат PDF/A Рис.14.

Заключение

В данной работе предложен новый метод цветовой сегментации изображений документов, ориентированный на сжатие графического образа в расширенном варианте технологии MRC.

Предложенный метод базируется на анализе распределений цветовых характеристик в цветовом пространстве. Решена подзадача выбора подходящего цветового пространства, обеспечивающего применимость методов кластеризации для выделения зон, соответствующих однородно окрашенным структурным блокам на исходном изображении. В результате исходное изображение раскладывается на слои, каждый из которых можно обрабатывать отдельно наиболее подходящими методами сжатия.

Данный метод показывает хорошие результаты на цветных формах, анкетах, счетах-фактурах и прочих цветных документах, на которых имеются цветные однородно окрашенные элементы. Он справляется с трудными случаями, когда текст и графика пересекаются, при этом в хорошем качестве сохраняя как текст, так и цвет графики. Результаты сжатия значительно превосходят классические форматы хранения изображений и сравнимы с коммер-

ческими реализациями типа DjVu. Отдельно стоит отметить использование в качестве контейнера формат долговременного хранения PDF/A, что гарантирует возможность просмотра документа на различных устройствах и поддержку в будущем.

Литература

1. Арлазаров В.Л., Безмозгий И.М., Емельянов Н.Е. Проблема перехода к безбумажному делопроизводству // Развитие безбумажной технологии в организационных системах. 1999. P. 3–11.
2. ISO/IEC IS 10918-1 | ITU-T Recommendation T.81 Lossless and near-lossless coding of continuous tone still images (JPEG-LS).
3. ISO/IEC 15444-10:2011 Information technology — JPEG 2000 image coding system: Extensions for three-dimensional data.
4. ISO/IEC 14492:2001 | ITU-T Recommendation T.88 JBIG2.
5. Bottou L. et al. High quality document image compression with DjVu // Journal of Electronic Imaging. SPIE, 1998. Vol. 7, № 3. P. 410–425.
6. Queiroz R. De, Buckley R., Xu M. Mixed Raster Content (MRC) Model for Compound Image Compression // Group. 2000. P. 1–12.
7. INTERNATIONAL STANDARD ISO / IEC 16485:2000.
8. ITU-T T.44 (01/2005) Mixed Raster Content (MRC). 2005. Vol. 44.
9. ISO 19005-1:2005(E) PDF/A.
10. djvu.org [Online]. URL: <http://djvu.org/> (accessed: 28.08.2014).
11. Усилин С., Николаев Д.П., Постников Д.В. Cognitive PDF / A — технология оцифровки текстовых документов для публикации в Интернете и долговременного архивного хранения // Сборник трудов ИСА РАН. 2009. Vol. 45. P. 159–173.
12. Haneda E., Bouman C. a. Text segmentation for MRC document compression. // IEEE transactions on image

- processing : a publication of the IEEE Signal Processing Society. 2011. Vol. 20, № 6. P. 1611–1626.
13. Haffner P. et al. A general segmentation scheme for DjVU document compression // Proc. of Int. Symp. on Math. Morph (VI). 2002.
 14. Antonacopoulos A., Gatos B., Bridson D. ICDAR2007 Page Segmentation Competition // Society. 2007. № September. P. 1279–1283.
 15. Bottou U., Haffner P., LeCun Y. Efficient conversion of digital documents to multilayer raster formats // Document Analysis and Recognition. Proceedings. Sixth International Conference on. 2001.
 16. Wong K.Y., Casey R.G., Wahl F.M. Document Analysis System // IBM Journal of Research and Development. 1982. Vol. 26, № 6. P. 647–656.
 17. Nagy G., Seth S., Viswanathan M. A prototype document image analysis system for technical journals // Computer. 1992. Vol. 25, № 7. P. 10–22.
 18. Haneda E. MARKOV RANDOM FIELD MODEL BASED TEXT SEGMENTATION AND. 2011.
 19. Haffner P. et al. A general segmentation scheme for DjVU document compression // Proc. of Int. Symp. on Math. Morph (VI). 2002.
 20. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Техносфера, 2005.
 21. Виноградова Ю.В., Николаев Д.П., Полевой Д.В. Разложение изображения печатного документа на информационные слои // Труды 54-й научной конференции МФТИ. Проблемы фундаментальных и прикладных естественных наук в современном информационном обществе. Секция “Инновации и высокие технологии”. 2011. P. 46.
 22. Nikolaev D.P., Nikolayev P.P. Linear color segmentation and its implementation // Computer Vision and Image Understanding. V. 94 (Special issue on colour for image indexing and retrieval). 2004. P. 115–139.
 23. Ahmed S. et al. Text/Graphics Segmentation in Architectural Floor Plans // 2011 International Conference on Document Analysis and Recognition. Ieee, 2011. P. 734–738.

Виноградова Юлиана Вячеславовна. Аспирант ИСА РАН. Окончила МИСиС в 2012 году. Автор одной печатной работы. Область научных интересов: обработка и анализ изображений, интеллектуальный анализ данных и распознавание образов, разработка параллельных программ. E-mail: vinogradus@gmail.com

Николаев Дмитрий Петрович. Заведующий сектором ИППИ РАН. Окончил МГУ в 2000 году. Кандидат физико-математических наук. Автор 116 печатных работ. Область научных интересов: быстрые алгоритмы обработки изображений. E-mail: dimonstr@iitp.ru

Слугин Дмитрий Геннадьевич. Научный сотрудник ИСА РАН. Окончил МГУ в 2000 году. Автор 6 печатных работ. Область научных интересов: распознавание образов, обработка изображений, электронный документооборот, распределенные вычисления. E-mail: sluginm@gmail.com