

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОДЛИННОСТИ ДОКУМЕНТОВ ПО ИХ ЦВЕТНОМУ ИЗОБРАЖЕНИЮ

С.В. Абламейко, И.П. Шумский
Беларусь, Минск

Рассмотрены общие принципы формирования результирующего цветового изображения при замешивании красок разных цветов для узко- и широкозонных красителей. Показано, что описание процесса взаимодействия светового потока с цветным изображением следует рассматривать как рассеяние и поглощение света мутной средой. Для идентификации различных документов разработана система «Video Score», которая представляет собой аппаратно-программный комплекс, позволяющий вводить в компьютер видеоизображения, производить их обработку по определенному алгоритму и архивацию, сравнивать полученное изображение с эталоном.

Введение

Криминалистические исследования документов являются наиболее распространенным и важным видом научного анализа. За последние годы, вследствие научно-технического прогресса в области полиграфии, этот вид исследований наряду с ростом его популярности превратился в сложный и трудоемкий процесс. Для решения вопросов о подлинности отдельных видов документов недостаточно иметь образцы бланков данных документов, необходима дополнительная информация о степенях их защиты. Защита документов от подделки и проверка их подлинности является важной проблемой как для изготовителей, так и для производителей приборов контроля таких документов. Разработка и создание автоматизированных средств распознавания разного рода поддельных документов - первостепенная задача сегодняшнего дня, весьма актуальная в современных условиях развития общественных взаимоотношений. Обработка информации в автоматизированных системах осуществляется на базе хорошо развитой теории обработки изображений [1].

Особенно остро эта ситуация проявляется в паспортной сфере. Каждая страна использует свою систему мер защиты от подделок, и эта система мер широко не раскрывается по понятным причинам. Поэтому разработчики и изготовители информационных систем контроля подлинности различных документов и ценных бумаг сталкиваются с неопределенной задачей. Любой документ или ценная бумага каждой страны имеет свою систему мер защиты, выявить которую достаточно сложно. Чтобы как-то приблизиться к поставленной задаче, необходимо создать не только методику установления специальных мер защиты, но и

под эту методику разработать и изготовить целый комплекс алгоритмов и программ, которые следует реализовать в измерительной аппаратуре.

Выявленная информация по мерам защиты представляет собой определенное информационное поле, непрерывно изменяющееся со временем. Поэтому банк данных по мерам защиты документов и ценных бумаг каждой страны должен постоянно обновляться и уточняться. В этом случае должна создаваться гибкая модель распознавания образов путем сравнения с эталоном с расшифровкой всей цветовой гаммы, реализованной в изображении. Ниже рассмотрим основные пути и методы решения поставленной задачи.

1. Спектральный анализ цветного изображения

Если в качестве регистрирующего прибора применить ССД-камеру, в которой в качестве приемника излучения используется кремниевая ПЗС матрица, то можно получить количественные измерения коэффициентов поглощения в более широком диапазоне длин волн. Спектральную видность регистрирующего прибора с кремниевой ПЗС структурой представим следующей функциональной зависимостью [2]:

$$V(\lambda) = \begin{cases} -1,664 + 0,83(0,8 - \lambda) + 3,33\lambda & \text{при } 0,4 \leq \lambda \leq 0,8 \text{ мкм} \\ 1 & \text{при } 0,8 < \lambda \leq 1,0 \text{ мкм} \\ 6 - 5\lambda & \text{при } 1,0 < \lambda \leq 1,2 \text{ мкм.} \end{cases} \quad (1)$$

В качестве осветителей можно использовать набор светодиодов, основные параметры которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики применяемых светодиодов

λ_{max} , нм	470	527,5	585	636,7	950
$\Delta\lambda$, нм	35	42	20	22,5	50
I_0 (20 мА), мВт/ср	10,5	3,9	1,8	10	30
A, мВт/ср мА	0,246	0,663	0,09	0,5	1,5
B, мВт/ср мА ²	-0,002553	-0,006875	-	-	-

В соответствии с табличными данными и используя регрессионный анализ, излучение светодиодов в максимуме можно аппроксимировать следующей зависимостью:

$$I_0(i) = Ai + Bi^2, \text{ мВт/ср,} \quad (2)$$

где электрический ток, проходящий через диод, измеряется в миллиамперах.

Значения констант A и B для ряда светодиодов приведены в табл. 1

Распределение интенсивности по углу имеет следующую аппроксимацию:

$$F(\theta) = 9,175 \cos^2 \theta - 8,175. \quad (3)$$

Распределение интенсивности излучения светодиодов по длинам волн представляется фойгтовским контуром вида

$$I(\lambda) = I_0(i) \frac{(\Delta\lambda)_{1/2}^2}{(\lambda - \lambda_{\max})^2 + (\Delta\lambda)_{1/2}^2} \exp\left(-\left(\frac{\lambda_{\max} - \lambda}{(\Delta\lambda)_{1/2}}\right)^2\right). \quad (4)$$

Значения величин $(\Delta\lambda)_{1/2}$ для некоторых светодиодов приведены в табл.1.

Эффективная сила света светодиода

$$I_{\text{эфф}} = I(\lambda) \frac{1}{4 \int_0^{\pi/2} F(\theta) d\theta}. \quad (5)$$

Освещенность предмета светодиодом запишется так:

$$E(\lambda) = \frac{I(\lambda) h F(\theta)}{(h^2 + x^2)^{3/2} \int_0^{\pi/2} F(\theta) d\theta}, \quad (6)$$

где h – высота, на которой установлен светодиод, и x – удаление освещенной точки от нормали светодиода.

Контраст, наблюдаемый регистрирующим прибором, представляется в виде

$$K = C \int_0^\infty \sum_k A_k(\lambda) P_k \sum_{i=1}^N E_i(\lambda) V(\lambda) d\lambda. \quad (7)$$

Здесь C – нормировочный множитель; $A_k(\lambda)$ – коэффициент отражения для k -го красителя в заданной длине волны λ ; P_k – доля используемого красителя; N – число используемых светодиодов.

Из (7) следует, что в подинтегральном выражении зависимость контраста от используемых красителей, их процентного соотношения и подложки содержится в сумме $\sum_k A_k(\lambda) P_k$. Так как эта сумма является

неизвестной величиной, то следует использовать относительный адсорбционный спектральный анализ. Для заранее известного эталона при освещении разными светодиодами получаем набор контрастов:

$$K_{0,1}; K_{0,2}; \dots; K_{0,N}. \quad (8)$$

Исследуемый образец имеет соответственно контрасты:

$$K_1; K_2; \dots; K_N, \quad (9)$$

которые отличаются от контрастов для эталона.

Предположим, что в качестве эталона выступает смесь красителей, в которой синий, желтый и красный красители замешаны в пропорции $P_1 = 0,3$; $P_2 = 0,4$ и $P_3 = 0,3$. Относительно данной смеси красителей другие пропорции будут иметь другой контраст. Конкретный расчет относительного контраста для ряда светодиодов приведен в табл.2.

Изменение относительного контраста для ряда светодиодов

Соотношение красок	Относительный контраст									
	$\lambda_{\max}=470$		$\lambda_{\max}=527.5$		$\lambda_{\max}=585$		$\lambda_{\max}=636.7$		$\lambda_{\max}=430$	
	Узк	Шир	Узк	Шир	Узк	Шир	Узк	Шир	Узк	Шир
0,2:0,3:0,5	0,9 0	1,0 3	1,4 3	1,2 1	1,4 4	1,2 2	1,3 9	1,31	0,73	0,87
0,3:0,4:0,3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,5:0,3:0,2	0,7 9	0,8 3	0,7 0	0,7 5	0,7 0	0,7 5	0,7 3	0,74	1,51	1,23

Если учесть критерий Рэлея для разрешения рядом стоящих спектральных линий, в соответствии с которым две рядом стоящие спектральные линии разрешаются, когда отличие максимума и минимума в интенсивности составляет не менее 20%, то отличие контраста может быть замечено при освещении светодиодами зеленого, желтого и красного цвета. При освещении синим светодиодом рассмотренные смеси красителей по контрасту отличить не представляется возможным. При освещении фиолетовым светодиодом узкополосные красители различаются достаточно надежно, а широкодиапазонные красители не различаются. Реальная ситуация значительно сложнее и поэтому для надежного распознавания той или иной смеси красителей необходимо применять большой набор светодиодов в достаточно широкой области спектра оптического излучения. Практическая реализация была осуществлена на девяти светодиодах разных длин волн. Только в этом случае предложенный способ распознавания цветных изображений будет достаточно надежным.

2. Программное обеспечение идентификации подлинности цветного изображения

Применительно к идентификации различных документов была разработана система «Video Scope», которая представляет собой аппаратно-программный комплекс, позволяющий вводить в компьютер видеоизображения, производить их обработку по определенному алгоритму, сравнивать полученное изображение с эталоном и производить архивацию [3,4]. Ниже рассмотрим разработанную систему в деталях.

Общее описание системы. Работа с системой «Video Scope» осуществляется на компьютере с процессором Pentium – 200 (или лучше по качеству), картой видеоввода, поддерживающей стандарт Video for Windows (VfW); ОС – Windows – 95 или более поздней; 32 MB RAM. Система состоит из шести основных частей: 1 – подсистемы получения изображений; 2 – подсистемы обработки и исследования изображений; 3 – подсистемы сравнения изображений; 4 – подсистемы архивации; 5 – подсистемы идентификации пользователя; 6 – подсистемы навигации.

Главное меню содержит пункты, позволяющие производить основные операции системы по вводу/выводу, получению и обработке изображений, настройке систем архивации, идентификации и навигации. Окно проводника организовано в виде списка изображений, работа с которыми проводилась за некоторый предыдущий промежуток времени. Все открываемые изображения регистрируются в проводнике, что позволяет осуществлять быстрый повторный доступ к данному изображению.

Подсистема получения изображений. Источниками получения изображений в системе «Video Scope» являются: устройство ввода; устройство получения изображений, поддерживающих протокол TWAIN; файловая система; буфер обмена Windows.

Система «Video Scope» позволяет работать с различными устройствами видеоввода и источниками видеосигнала, которые могут давать изображения с разной степенью увеличения. Поэтому в системе предусмотрено изменять степень увеличения полученного изображения. Изображение объекта можно получать в простом режиме и в режиме накопления. В простом режиме захваченный объект может быть получен в черно-белом или цветном изображении. В системе предусмотрен режим накопления. В режиме накопления происходит суммирование некоторого количества кадров до тех пор, пока не будет получен достаточно четкий контраст. В режиме накопления имеет место не только более четкое изображение, но и проявляются некоторые его дефекты.

Система «Video Scope» позволяет получать изображения от устройств, поддерживающих TWAIN-протокол обмена (разного рода сканеры и др.), экспортировать в систему «Video Scope» и затем работать с полученным изображением. Кроме этого, система позволяет работать с графическим изображением, записанным в различных форматах; обмениваться графическими данными через буфер обмена Windows; копировать текущее изображение и получать из буфера ранее помещенное туда изображение. Процесс сравнения может быть осуществлен как для двух статических изображений, так и статического с динамическим. При этом статическое изображение рассматривается как эталон.

В системе «Video Scope» предусмотрена возможность импортировать изображения из библиотеки данных и других справочно-информационных систем.

Подсистема обработки и исследования изображений. Подсистема позволяет проводить обработку и исследование изображений в системе «Video Scope» с помощью определенного инструмента и функций, которые позволяют измерять расстояние между двумя произвольными точками в мм, длину маршрута, проходящего между любыми точками изображения, в мм; угол между двумя произвольными лучами, отмеченными на изображении, в градусах; количественную характеристику цвета с использованием спектрального анализа для всех типов изображений. Кроме этого, можно модифицировать исходное изображение по яркости, цвету и получать новое изображение из текущего в границах выделенной зоны.

Следовательно, из общего изображения можно вырезать определенный участок, который представляет особый интерес для проведения исследований. В дальнейшем этот участок можно уменьшить или увеличить в размерах в случае необходимости.

Подсистема сравнения изображений. Для обнаружения различий между эталоном и исследуемым изображением объекта в системе «Video Scope» предусмотрены режимы взаимного вычитания, сложения, визуального совмещения исследуемого изображения с частью ранее полученного, а также предусмотрен режим соединения (склеивания) двух изображений.

В режиме взаимного вычитания результатом сравнения является разностное изображение, получаемое при вычитании одного изображения из другого. При этом наиболее отличающиеся участки будут иметь цвет ближе к черному или белому, а наименее отличающиеся – серый. Поэтому такой режим сравнения изображений позволяет оперативно выявлять возможные дефекты в полученном изображении.

В режиме сложения результатом будет их суммарное изображение. В этом случае будут просматриваться детали обоих изображений: результирующего и исходного.

Режим соединения изображений применяется в условиях, когда невозможно получить изображение полностью имеющимися средствами. В этом случае получают отдельные фрагменты изображения с определенной зоной перекрытия, и затем эти фрагменты соединяют воедино.

В режиме совмещения вначале оба изображения приводят к единому масштабу, а затем их совмещают по выделенным двум точкам. Если изображение отличается от ранее полученного, то появляется двойное изображение. В случае необходимости имеется возможность регулировать соотношения уровней изображения, т.е. измерять величину «прозрачности» каждого изображения в отдельности.

Если объект исследования непрерывно меняет свое положение в пространстве или его освещенность меняется со временем, то в системе «Video Scope» предусмотрен режим сравнения эталона с динамическим объектом. После получения мгновенного изображения вначале устанавливается контраст, соответствующий эталону, а затем производят исследования объекта как со статическими двумя объектами.

Подсистема архивации. Подсистема архивации предназначена для группировки по определенному признаку, описания и хранения изображений. Хранение изображений производится в библиотеках. Для входа в библиотеку в системе «Video Scope» предусмотрены соответствующие команды для ввода и вывода изображений. В результате предоставляется возможность открыть окно редактирования и поместить туда текущее изображение; копировать текущее изображение в буфер обмена; запомнить текущее изображение и поместить его в окно сравнения в качестве эталона; запомнить текущее изображение и поместить его в окно сравнения в качестве объекта для сравнения с ранее полученным; удалить изображение из библиотеки; открыть окно для редактирования информации о текущем изображении. При создании

каждого изображения шлифа заносится информация о дате, времени создания и о пользователе. Существует возможность введения новых пользователей для работы с системой с определением для них соответствующих паролей входа в систему.

Подсистема навигации. В системе «Video Scope» предусмотрено окно проводника, которое позволяет: открыть окно редактирования и поместить туда выбранное изображение; копировать текущее изображение проводника; открыть окно для просмотра информации о текущем изображении. В панели проводника предусмотрена возможность автоматического удаления изображений, установления формата хранения данных в проводнике и в библиотеках.

Заключение

Кратко можно сформулировать полученные результаты следующим образом. Формирование определенного цветового поля происходит вследствие замешивания органических красителей разных цветов в соответствующей пропорции. Выяснить, в какой пропорции замешаны красители разных цветов колориметрическим методом, путем использования регистрирующего прибора с коэффициентом видности человеческого глаза не представляется возможным, так как результирующий цвет зависит не только от того, в какой пропорции замешаны красители, но и от распределения коэффициента поглощения по длинам волн. В работе предложено анализировать цветовое пространство с применением большого количества монохроматических излучателей, а коэффициент видности прибора использовать с более широким спектральным диапазоном регистрации. Для идентификации различных документов описана система «Video Scope», которая представляет собой аппаратно-программный комплекс, позволяющий вводить в компьютер видеоизображения, производить их обработку по определенному алгоритму, сравнивать полученное изображение с эталоном и производить архивацию.

Литература

1. Абламейко С.В., Лагуновский Д.М. Обработка изображений: технология, методы, применение. - Минск, 1999. -304с.
2. Гречихин Л. И., Шумский И.П. Спектральный анализ цветных изображений//Труды Международного конгресса–2000«Фундаментальные проблемы естествознания и техники». - Л.: Изд. ЛГУ, 2000.
3. Бодров В.Ю., Рыжкович Л.Р., Шумский И.П., Рогожинский Ю.А. Топологическая система сравнения и анализа изображений «Video Scope»// Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 990307, РФ, 1999.
4. Шумский И.П. Комплексная система получения и обработки изображений «Video Scope». - Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2000. - С. 88–94.