

ВЕРИФИКАЦИЯ ОПТИКО-ПЕРЕМЕННОГО ОБЪЕКТА ПУТЁМ ОБНАРУЖЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ЦВЕТА

Екатерина Горшкова, Роман Телятников, Иван Шумский

Аннотация: Рассматривается задача обнаружения изменения цвета на оптико-переменных объектах. Для решения используется цветовая модель HSL, выработан критерий оценки различия цветов.

Ключевые слова: цветовая модель, цветовой тон, изменение цвета.

Введение

Одним из способов автоматической проверки подлинности документов, удостоверяющих личность, является верификация оптико-переменного объекта по его фотографическим изображениям. Под объектом понимается изображение, выполненное специальными красками, меняющими цвет в зависимости от угла зрения или от угла освещения. Если изменения цвета объекта не наблюдается, то можно сделать вывод о том, что документ поддельный. Для человеческого глаза это не составляет большого труда. Человек смотрит на изображение под одним углом зрения и видит, например, красный цвет, далее, меняя угол зрения, видит, например, зелёный цвет (Рис.1), и, зная, что на данном типе документов объект имеет именно такие цвета, он делает вывод, что документ подлинный.



Рис.1. Изображение паспорта с оптико-переменным объектом

Чтобы заставить машину решить такую тривиальную для человека задачу, требуется ответить на ряд вопросов:

- в какой цветовой модели работать?
- что понимать под цветными пикселями?
- каким может быть разброс цвета?
- какие цвета считать разными?

Выбор цветовой модели

Нужно выбрать такую цветовую модель, которая лучше других подходит для детекции изменения цвета оптико-переменного объекта. Ещё одним условием является устойчивость к изменению яркости изображения, так как для получения изображения могут использоваться разные камеры и различные условия освещения.

В зависимости от поставленной задачи могут использоваться аддитивные (RGB), субтрактивные (CMY) и перцепционные (HSL, HSV) цветовые модели. Каждая из них хороша в определенной области задач, поэтому однозначного предпочтения какой-то из них отдать нельзя.

RGB и CMY - довольно распространенные модели. Первая часто используемая в приборах, излучающих свет, таких, например, как мониторы, проекторы и другие подобные устройства, вторая - для печати [Корабельникова, 2008]. Для данной задачи они не подходят, потому как такие понятия как цветовой тон и насыщенность для данных моделей являются расчётными величинами, и определяются значениями всех трёх компонент. Ещё один недостаток – отсутствие отдельной составляющей по яркости.

HSL и HSV хорошо приспособлены для описания цветов таким образом, как это свойственно человеку. Глядя на окрашенный объект, человеку проще его описать с помощью цвета, яркости и насыщенности, что и делают данные цветовые модели [Гонсалес, 2006]. Несомненным преимуществом данных моделей при построении алгоритмов обработки изображений является простота понимания, поскольку в их основе лежит естественное и интуитивно близкое человеку описание цвета, а ведь именно человек, в конечном счёте, является и разработчиком и пользователем этих алгоритмов. Цветовой тон, который характеризует собственно цвет (чистый желтый, оранжевый, красный и т.д.) обе модели описывают одинаково, поэтому в данном случае не важно, какую модель использовать. К достоинствам этих моделей можно также отнести и то, что за цветовой тон отвечает лишь одна компонента, что значительно упрощает вычисления, а также довольно простой переход из пространства RGB. При переводе значений из RGB в HSV или HSL общее количество возможных цветов уменьшается, и их становится из 16 млн. всего 3 млн. Однако применительно к нашей задаче это не является недостатком, ведь когда человек смотрит на изображение опико-переменного объекта, ему надо выделить основной цветовой тон, не вдаваясь в детали, поэтому он обобщает цвет объекта.

Lab - равноконтрастная модель с точки зрения человеческого восприятия. Однако человеческое восприятие, и то, что видит камера - это не одно и то же. Системы HSL, HSV получаются прямым преобразованием из RGB, т.е. отражают то, что видит камера. В то время как при получении Lab производится пересчёт сначала в XYZ, а потом уже в Lab, и тем самым вносятся искажения в исходные данные. К тому же формулы перевода в Lab верны при использовании стандартизованного CIE D65 дневного источника освещения [Fairchild, 2005], а значит подсветка, используемая при получении изображений так же будет вносить искажения.

Исходя из описанных выше рассуждений, была выбрана именно модель HSL.

Что считать “цветным”?

Наиболее натренированные наблюдатели способны различать по цветовым тонам 160 цветов, по насыщенности — 25, по светлоте — не более 64 [Прохоров, 1988].

Если взять два совершенно разных цветовых оттенка с низкой насыщенностью, то человеческий глаз увидит серые цвета, и определить цветовой тон уже не сможет (Рис.2). То же самое происходит при низкой светлоте (Рис.3), а при высокой светлоте получаются бледные оттенки близкие к белому, для которых определить цветовой тон также не представляется возможным для человека (Рис.4). А задача состоит в том, чтобы обнаружить изменение цвета, которое видно человеческому глазу.

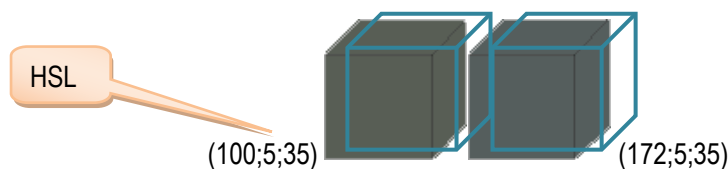


Рис.2. Изображение объектов в системе HSL с низкой насыщенностью, но разным цветовым тоном

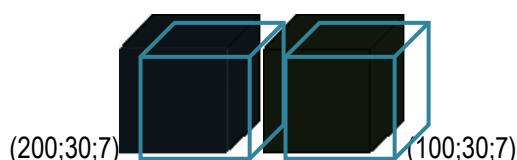


Рис.3. Изображение объектов в системе HSL с низкой светлотой, но разным цветовым тоном

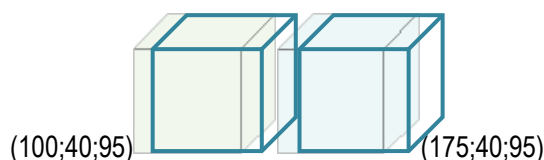


Рис.4. Изображение объектов в системе HSL с высокой светлотой, но разным цветовым тоном

Поэтому после перехода в цветовую модель HSL нужно оставить лишь те пиксели, изменение цвета которых уловимо для человеческого глаза. *Опытным путём было получено, что если насыщенность < 10%, а светлота < 15% или > 85%, то такие пиксели нужно отбросить из рассмотрения, следовательно, оставшиеся пиксели будут считаться цветными.*

Определение цветового тона

На следующем шаге нужно определиться с разбросом цветового тона. Для этого необходимо построить его гистограмму. На рисунке 5 видно, что разброс одного цветового тона отличается от разброса другого цветового тона.

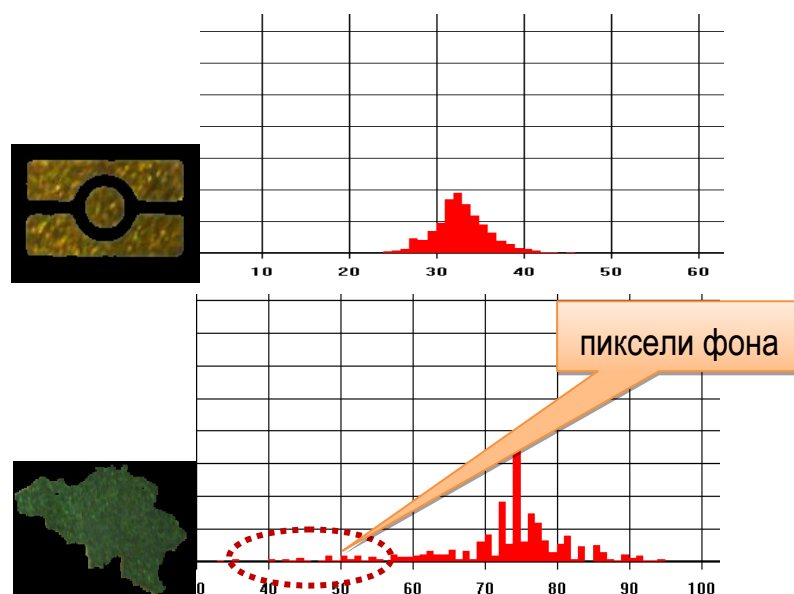


Рис.5. Гистограммы цветового тона разных оптико-переменных элементов

К сожалению, при выделении мелких деталей, в результирующем изображении могут присутствовать и пиксели фона, что конечно влияет на величину цветового разброса.

Был проведён анализ оптических свойств оптико-переменных объектов на большом числе образцов документов. По результатам оценки гистограмм цветового тона было установлено, что диапазон значений по данной цветовой составляющей для одного элемента может составлять от 14 до 56 градусов. На ширину данного диапазона помимо оптических свойств элемента влияет цвет фона, полностью избавиться от которого на этапе выделения объекта не всегда представляется возможным. Поэтому было

введено понятие цветового окна - это диапазон минимальной ширины, в который попадает не менее 75% от общего числа всех цветных пикселей. Человек видит цвет элемента и оценивает его усреднённое значение, а машина вычисляет цветовое окно. В случае, если 75 % пикселей распределено в интервале большем, чем цветовое окно, считается, что элемент не имеет равномерного цвета, что является отклонением от стандарта. Поэтому данные элементы считаются поддельными.

Критерий различия цветового тона

Теперь необходимо определиться, что считать разными цветами. На рисунке 6 отчётливо видно, что гистограммы оптико-переменного элемента, отсканированного под разными углами освещения, не перекрываются, что говорит о возможности их уверенного различия по цветовому тону.

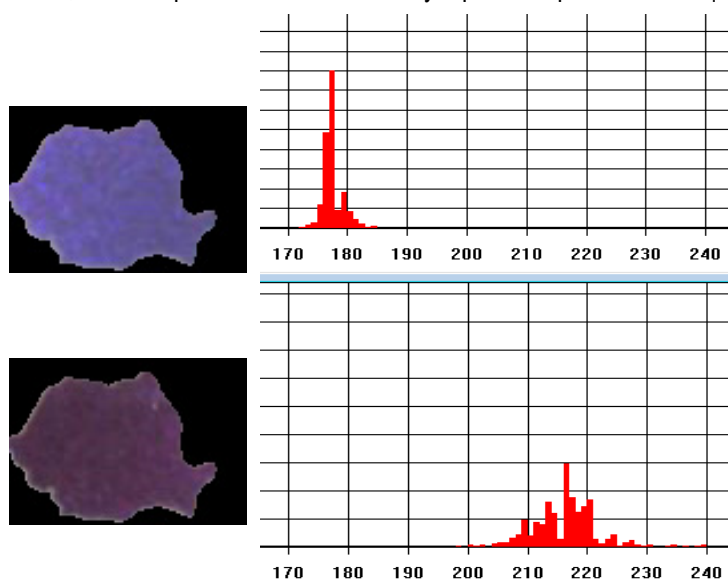


Рис.6. Гистограммы цветового тона одного оптико-переменного элемента под разным углом освещения

Также могут быть варианты, где гистограммы перекрываются на 5-10 процентов от площади всех цветных пикселей (Рис.7). По результатам оценки степени пересечения гистограмм цветовых тонов было принято решение считать цвета различными в случае, если площадь пересечения составляет не более 15% от количества всех цветных пикселей.

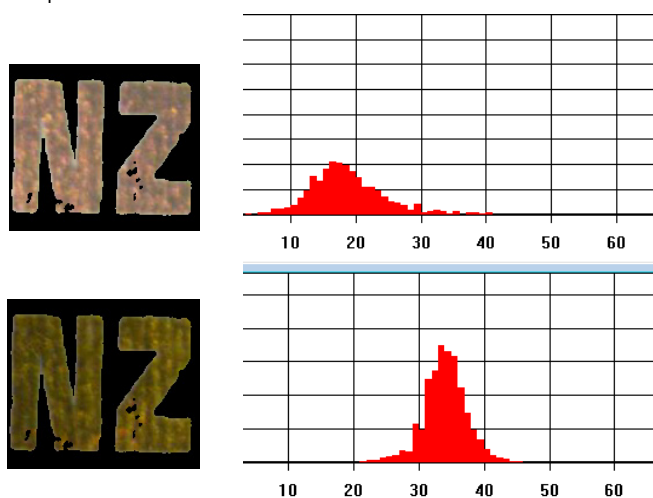


Рис.7. Перекрывающиеся гистограммы цветового тона одного оптико-переменного элемента под разным углом освещения

Заключение

В работе была рассмотрена задача автоматической проверки подлинности документа, путём обнаружения изменения цвета на оптико-переменных объектах. Был предложен метод решения данной задачи, основанный на анализе и сравнении гистограмм цветового тона с использованием модели HSL.

Также были рассмотрены вопросы определения допустимых параметров цветных пикселей, таких как величина разброса цветового тона, минимально допустимые значения яркости и насыщенности. Данный метод показал свою эффективность и был внедрен в существующую систему проверки подлинности документов.

Библиография

[Корабельникова, 2008] Г. Корабельникова. Цвет и цветовые модели. <http://www.woweb.ru/publ/22-1-0-144>, 2008

[Гонсалес, 2006] Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая Обработка Изображений. Техносфера.Москва, 2006 - 432с.

[Fairchild, 2005] Mark D. Fairchild. Color Appearance Models, 2nd Edition. John Wiley & Sons, 2005. – 408 p.

[Прохоров, 1988] А.М. Прохоров. Физическая энциклопедия. Москва, Советская энциклопедия, 1988, т.5. - 420 с.

Сведения об авторах



Горшкова Екатерина – инженер-программист, ООО «Регула», 220036 ул. Волоха 1-314, г. Минск, Беларусь, e-mail: katsiaryna.harshkova@regula.by

Основные направления деятельности: обработка цветных изображений, элементы защиты и системы проверки подлинности документов



Телятников Роман – к.т.н., научный руководитель разработками ПО, ООО «Регула», 220036 ул. Волоха 1-314, г. Минск, Беларусь, e-mail: raman.tsialatnikau@regula.by

Основные направления деятельности: распознавание образов, обработка изображений, нейрофизиология



Шумский Иван – к.т.н., генеральный директор ООО «Регула», 220036 ул. Волоха 1-314, г. Минск, Беларусь, e-mail: ivan.shumsky@regula.by

Основные направления деятельности: автоматизация анализа подлинности документов и денежных банкнот: проектирование оборудования и программного обеспечения