

Литература

1. Szeliski R. Computer Vision: algorithms and Applications. Electronic draft. <http://szeliski.org/Book/>, 2010. – 957 с.
2. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. Пер. с англ. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2006. – 752 с.
3. Lowe D.G. Distinctive Image Features from ScaleInvariant Keypoints (SIFT) // Computer Science Department University of British Columbia. Vancouver, B.C., Canada. Vol. 60, №2, 2004. – P. 91-110.
4. Bradski G., Kaehler A. Learning OpenCV. O'Reilly Media Inc, 2008. – 555 p.
5. Brown M., Szeliski R., Winder S. Multi-image matching using multi-scale oriented patches // IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. San Diego, CA: CVPR'2005. Vol. 1, 2005. – P. 510-517.

ISOLATION AND COMPARISON OF FEATURES POINTS ON THE IMAGES OF OBJECT

Alenin V.A., Kulyas O.L.

Isolation points of interest (POI) and determination of their compliance are important components of many applications of computer vision. For example, in the algorithms of automatic alignment and alignment of images, construction («matching») composite mosaics and panoramas, the reconstruction of three-dimensional images, etc. By selecting and implementing a specific algorithm selection and compare features directly affects the speed and accuracy of the reconstruction algorithms. In this article analyzes existing methods of selection and comparing POI, and also is offered the new algorithm, allowing to increase an amount of true correspondences.

Keywords: *features points, SIFT, strategy comparison of features points, ROC, isolation of features points, features descriptors.*

Аленин Вячеслав Алефтинович, старший преподаватель кафедры «Информационные технологии» Димитровградского института технологии управления и дизайна (филиал Ульяновского государственного технического университета). Тел: 8-908-477-66-03, E-mail: divo2005@inbox.ru

Куляс Олег Леонидович, к.т.н., с.н.с., доцент Кафедры «Информационные системы и технологии» Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Тел. 8-927-691-30-40, E-mail: kulyas@psati.ru

УДК 621. 397. 6. 049

ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ ЦВЕТОВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ИЗ ЧЕРНО-БЕЛЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Балобанов А.В.

Рассмотрены вопросы повышения информационной емкости черно-белых изображений, основанные на особенностях зрительного восприятия человеком черно-белых и цветных изображений, и основные методы цветокодирования.

Ключевые слова: оптимальный алгоритм цветокодирования, информационная емкость, цветовой треугольник Максвелла, число различимых градаций яркости, динамический диапазон яркости сигнала, насыщенность цвета.

Введение

При разработке прикладных телевизионных (ТВ) систем, при анализе монохромных изображений часто предъявляются высокие требования к информативности воспроизводимого изобра-

жения. Информация об объекте содержится в изменениях амплитуды видеосигнала и обычно отображается в виде изменений яркости на экране видеоконтрольного устройства. Теоретически число различимых на изображении градаций яркости ограничивается только шумами. Однако при практической реализации ТВ системы за счет ограничений, накладываемых воспроизводящей электронно-лучевой трубкой (ЭЛТ), контраст мелких деталей почти на порядок ниже теоретического.

Для увеличения числа различимых градаций яркости изображения используют кодирование уровней видеосигнала цветом. При этом входной сигнал через несколько параллельных каналов с подобранными соответствующим образом ампли-

тудными характеристиками подают на входы ЭЛТ для управления цветом свечения экрана. Алгоритм цветового кодирования однозначно определяется формами этих характеристик. Необходимо оптимизировать характеристики каналов формирования цветных сигналов таким образом, чтобы приблизить информационную емкость ТВ системы к ее теоретическому пределу.

Цветокодирующие ТВ системы могут быть с монотонными и разрывными амплитудными характеристиками каналов формирования. Анализ показывает, что последние, давая большее увеличение амплитудной разрешающей способности ТВ системы, при низком отношении сигнала к шуму приводят к полному разрушению изображения [1]. Монотонное преобразование яркости в цвет в принципе может быть полностью согласовано с цветоразличительными свойствами зрения. Известны решения этой задачи на базе аналоговой схемотехники с различной степенью приближения к оптимальным вариантам. Перспективным является использование для этих целей цифровой техники.

Составляющие цветного изображения

Информационная емкость системы зависит не только от числа различимых градаций яркости изображения, но и от ее пространственной разрешающей способности. В большинстве практических применений цветового кодирования это не имеет существенного значения и даже может играть положительную роль, ограничивая перегрузку оператора излишней информацией, однако в прикладных ТВ системах в силу специфики проведения анализа указанные ограничения в звене преобразования сигнала в изображение недопустимы. Поэтому вопросам цветокодирования и повышения разрешающей способности изображений при обработке сигналов следует придавать должное внимание. Очень часто в производстве, в медицине, искусстве, при проведении научных исследований возникает необходимость раскрашивания черно-белых изображений с целью повышения их информативности, художественной ценности (например, раскрашивание черно-белых фотографий и художественных фильмов).

Для успешного решения упомянутой проблемы необходимо знать основные характеристики сигналов зрительного восприятия человеком цветных изображений. Основным законом смешения утверждает, что любые четыре цвета находятся в линейной зависимости. Иначе говоря, любой

цвет может быть выражен через любые три взаимонезависимые цвета:

$$f'F = r'R + g'G + b'B, \quad (1)$$

где $f'F$ – излучение произвольного состава; F – его единица; f' – количество единиц; R, G, B – единицы количества основных цветов (например, Bm); r', g', b' – модули этих цветов.

Для определения только качественной характеристики светового потока цветности F достаточно знать не абсолютные, а относительные количества основных цветов r, g, b :

$$\begin{aligned} r &= \frac{r'}{r'+g'+b'} = \frac{r'}{m}; \quad g = \frac{g'}{r'+g'+b'} = \frac{g'}{m}; \\ b &= \frac{b'}{r'+g'+b'} = \frac{b'}{m}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $m = r'+g'+b'$ – цветовой модуль; $r + g + b = 1$ – координаты цветности. Известно, что яркость смеси равна сумме яркостей смешиваемых цветов, то есть:

$$\begin{aligned} f' &= r' + g' + b'; \\ F &= rR + gG + bB. \end{aligned} \quad (3)$$

Цвет F носит название единичного цвета, сумма его координат равна единице.

При анализе черно-белых изображений возможности зрительной системы человека используются не полностью; происходит зрительная потеря информации из-за рассогласования объема содержащейся информации в черно-белом изображении с возможностями (пропускной способностью) зрительного анализатора. Поэтому независимо от типа телевизионной (ТВ) системы, области ее применения в большинстве случаев целесообразно представлять изображение в цвете. Цвет обеспечивает согласование параметров изображения с физиологическими особенностями зрения и является трехмерной величиной, так как полностью использует зрительный аппарат человека: палочки (яркость), колбочки (цветность: цветовой тон и насыщенность). Цвет определенных деталей исследуемого объекта количественно определяется координатами x и y на плоскости XOY цветового графика системы XYZ . В отличие от системы R, G, B в системе XOY координаты цветности всегда положительны:

$$x = \frac{x'}{x'+y'+z'} > 0, \quad y = \frac{y'}{x'+y'+z'} > 0, \quad \text{где}$$

$$\begin{aligned}
 x' &= \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \bar{x}(\lambda) \tau_x(\lambda) \rho(\lambda) d(\lambda), \\
 y' &= \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \bar{y}(\lambda) \tau_y(\lambda) \rho(\lambda) d(\lambda), \\
 z' &= \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \bar{z}(\lambda) \tau_z(\lambda) \rho(\lambda) d(\lambda),
 \end{aligned} \quad (4)$$

$\lambda_1 - \lambda_2$ – диапазон длин волн видимого участка спектра (для спектрально-зональных систем – невидимых участков спектра); $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ – удельные координаты системы XYZ; $\tau(\lambda)$ – спектральная характеристика пропускания датчика видеосигнала; $\rho(\lambda)$ – спектральная характеристика источника излучения.

Основные способы цветокодирования

Приведенные соотношения (4.4) показывают, что чувствительность датчика сигналов должна быть избирательной к излучениям красного, зеленого и синего цветов. Требование получения 3-х сигналов на выходе передающей ТВ-камеры в сильной степени усложняет ее как в схемном, так и в конструктивном отношении, что не всегда выполнимо. В то же время черно-белое ТВ изображение можно окрасить в условные цвета в зависимости от амплитуды видеосигнала. Тем более что некоторые изображения по своей природе черно-белые. При решении этой проблемы возможны два способа раскрашивания.

Первый способ: спектральная характеристика датчика сигналов $\tau(\lambda)$ должна быть монотонно возрастающей или убывающей в спектре передаваемых длин волн. Это позволит в первом приближении судить о цвете исследуемого объекта по изменению яркости. Раскрашивание по этому способу делает изображение более близким к натуральному, так как определенному уровню яркости здесь будет соответствовать по спектральной характеристике заданная цветность, определяемая длиной волны излучения источника. Недостаток этого способа – необходимость подбора соответствующих фильтров для датчика сигналов.

Второй способ не требует использования фильтров и поэтому свободен от названного выше недостатка, что упрощает датчик сигнала и повышает его чувствительность за счет исключения фильтра. Здесь каждому мгновенному значению яркости присваиваются условные цвета, не отражающие истинный цвет объекта [2].

Действительно, о каком цвете можно говорить, например, при рентгеновском просвечивании, при исследовании молекулярного строения вещества в электронной микроскопии. Исключение составляет эндоскопия, где наблюдение внутренних органов проводится при искусственном освещении и цвет несет важную диагностическую информацию.

Во всех других случаях применяется искусственное раскрашивание изображений для лучшего представления их наблюдателю – так называемое цветное кодирование.

Сущность метода цветного кодирования заключается в преобразовании черно-белого изображения в цветное по признакам, отображающим определенные свойства изображения. Эти признаки могут быть самыми различными. Например, разделение изображения на цветные области можно производить по значениям сигнала в разных спектральных диапазонах регистрируемого излучения (спектрально-зональное кодирование) по амплитуде видеосигнала (амплитудное кодирование), по величине сигнала в разных диапазонах спектра пространственных частот (частотное кодирование), по величине сигнала межкадровой разности.

Правильное кодирование превращает очень сложную задачу распознавания образов в простую и доступную. Это достигается тем, что плавному изменению яркости исследуемого объекта должно соответствовать и плавное изменение цвета.

При нахождении оптимального алгоритма цветокодирования черно-белого изображения необходимо учитывать прежде всего свойства человеческого зрения при восприятии цветных изображений [4]. Кроме того, не следует забывать, что цветокодированное изображение должно нести максимум информации, и ее распознавание при анализе полученного цветного изображения, путем сравнения его с исходным черно-белым изображением не должно быть трудоемким. То есть максимум получения информации и легкость ее распознавания – являются главной задачей при цветокодировании черно-белых изображений.

Напрашиваются два основных метода реализации цветного кодирования. Первый заключается в том, что видеосигнал черно-белого изображения в прямой и обратной полярности подается на управляющие цветом электроды преобразователя «сигнал-свет». Достоинство метода – простота. Недостаток – незначительное повышение информационной емкости.

Второй метод кодирования амплитуды сигнала заключается в том, что с помощью специального устройства, управляющего тремя прожекторами преобразователя «сигнал-свет», осуществляется разделение динамического диапазона сигнала на несколько участков, затем каждый участок растягивается на весь динамический диапазон преобразователя в необходимых для получения результата сочетаниях. Число реализуемых цветов зависит от способа цветокодирования. Определение числа реализуемых цветов по известной формуле:

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!} \quad (5)$$

не является корректным, так как имеются субъективные причины, вносящие погрешности в расчеты.

Поэтому для исключения субъективности при определении информационной емкости цветного изображения найдем объем сигнала цветного изображения.

Пусть в черно-белом изображении S_1 – число различных градаций яркости, а N_1 – число элементов в строке, имеющих различную яркость; Z_1 – число строк в кадре. Тогда число комбинаций из элементов с различной яркостью (то есть число возможных сочетаний из S_1 по N_1 с повторениями, отличающимися хотя бы в одном элементе), которое можно получить в одной строке C_1' и в одном кадре C_1 черно-белого изображения (число возможных изображений, сообщений), будет равно

$$C_1' = S_1^{N_1}; \quad C_1 = S_1^{Z_1 N_1}. \quad (6)$$

В цветном телевидении один элемент полного изображения с цветом смеси трех основных цветов экрана приемника составляется из трех элементов с этими цветами. Поэтому число комбинаций C_2 из элементов различных цветов с различной яркостью в одном кадре с числом строк Z будет равно

$$C_2 = S_2^{3Z_2 N_2}, \quad (7)$$

где S_2 и N_2 – число различных градаций яркости и число элементов в строке каждого основного цвета соответственно. Если

$$\begin{aligned} & Z_1 = Z_2 = Z, \quad N_1 = N_2 = N, \quad S_1 = S_2 = S, \\ & \text{то } C_2 = C_1^3; \quad \frac{C_2}{C_1} = S^{2ZN} = (S^{ZN})^2. \end{aligned} \quad (8)$$

Здесь произведение ZN можно назвать разрешающей способностью системы, определяющей число элементов в кадре.

Таким образом, в цветном телевидении возможное количество воспроизводимых изображений (кадров) увеличивается в сравнении с черно-белым телевидением (при прочих равных параметрах) в $(S^{ZN})^2$ или C_1^2 раз. При этом с ростом разрешающей способности (величина ZN) отношение C_2/C_1 растет.

В теории передачи сообщений под количеством информации (число сведений) A в двоичном исчислении, содержащейся в сигнале, понимается логарифм числа комбинаций C при основании 2, то есть

$$A = \lg_2 C. \quad (9)$$

Тогда в черно-белом телевидении $A_1 = \lg_2 C_1$, в цветном телевидении $A_2 = \lg_2 C_2$. Иными словами

$$A_2 = \lg_2 C_2 = \lg_2 C_1^3 = 3 \lg_2 C_1 = 2A_1. \quad (10)$$

Таким образом, объем (число) информации, передаваемой по каналу связи, в цветном телевидении при формате 4:4:4 в три раза больше, чем в черно-белом телевидении. Но количество кадров в комбинации, отличающейся по содержанию хотя бы в одном элементе (пикселе), во много раз больше.

Иными словами, в этой комбинации кадров хотя бы один кадр отличается от другого в одном элементе изображения. При цветокодировании мы анализируем один цветной кадр и сравниваем его по содержанию с исходным, черно-белым. В отличие от сигнала, несущего информацию по каналу связи к приемному устройству, при цветовом контрастировании приемником информации является глаз, свойства которого мы должны знать и учитывать, чтобы получить максимум визуальной информации. Поэтому при оценке информационной емкости цветокодированного изображения будем анализировать один элемент изображения, который изменяет свою яркость, цветовой тон и насыщенность в разных пропорциях. Число таких комбинаций (сочетаний) будет, несомненно, в несколько раз (тысяч) больше, чем в черно-белом изображении, а следовательно и информации, которую в черно-белом изображении мы не видели. Один элемент в черно-белом изображении может принимать примерно 100 значений (уровней) яркости, а каждый уровень яркости из 100 может иметь 120...180 значений цветовых оттенков. Итого $100 \times 180 = 18000$ значе-

ний. А если учесть, что каждое из 18000 значений будет иметь и разную насыщенность порядка 10 и более, то общее количество сочетаний для одного элемента будет составлять $100 \times 180 \times 10 = 180000$. Естественно, что при анализе изображений в результате адаптации глаз не в состоянии воспринимать такое большое количество информации, но, бесспорно, цветовое контрастирование облегчает распознавание и визуально повышает информационную емкость черно-белых изображений.

В свете сказанного большое значение приобретает выбор оптимального алгоритма цветокодирования черно-белого изображения: при раскрашивании черно-белого испытательного изображения «КЛИН» яркость цветного клина должна возрастать – черному должны соответствовать темные цвета (синие), белому – желто-зеленые и даже с заходом в белый цвет E . Алгоритм цветокодирования, по возможности, должен охватывать насыщенные цвета.

Для извлечения максимальной визуальной информации из черно-белого изображения динамический диапазон сигнала от черного до белого должен быть разбит на несколько участков, каждый из которых растягивается на полный динамический диапазон цветного преобразователя «сигнал – свет».

Применение того или иного метода кодирования зависит от конкретных требований, предъявляемых к такого вида устройствам. Использование дискретных методов и персональных компьютеров позволяет решить вышеназванные задачи оперативно без внесения сопутствующих аналоговым методам ошибок в цветокодированное изображение.

Выводы

1. Повышенный интерес к цветовому раскрашиванию черно-белых изображений связан прежде всего с повышением информационной емкости и художественной ценности изображений. Механические способы раскрашивания (как это делали фотографы с черно-белыми снимками) не решают поставленной задачи в глобальном масштабе. При раскрашивании черно-белых изображений исследователь (ученый) должен иметь дело не с самими снимками, как это делали раньше фотографы, а с сигналами этих изображений. При этом цифровые способы формирования и преобразования сигналов черно-белых изображений с использованием персональных компьютеров оперативно решают поставленные задачи, которые не могут быть решены аналоговыми методами.

2. Черно-белое изображение несет информацию только о яркости объекта. При цветокодировании из яркостного сигнала формируют цветовые сигналы U_R , U_G и U_B , несущие информацию о яркости, цветности и насыщенности. Информационная емкость такого изображения на несколько порядков выше исходного.

3. При этом необходимо помнить, что информационная емкость черно-белого и цветного изображений не меняется, но различимость (визуальная емкость) деталей резко возрастает за счет трехмерности цветного изображения (яркость, цветность и насыщенность). При наблюдении черно-белого изображения возможности зрительной системы человека используются не полностью.

4. При цветокодировании не следует забывать, что цветное изображение должно нести максимум информации и ее распознавание при анализе полученного изображения путем сравнения с исходным, черно-белым, не должно быть трудоемким.

Таким образом, цветовое контрастирование черно-белого изображения повышает визуальную информационную емкость исходного изображения. Хотя содержащаяся в изображении информация не увеличивается, но благодаря лучшему согласованию его параметров с особенностями зрения возможности и резервы зрительной системы человека используются более эффективно.

Литература

1. Балобанов В.Г., Куляс О.Л., Камалюгин А.А. и др. Формирование цветокодированных микрообъектов в РЭМ // Оптико-механическая промышленность. №11, 1983. – С. 48-50.
2. Балобанов А.В., Кривокубов В.П., Балобанов В.Г. Цветовое кодирование черно-белых изображений с помощью персонального компьютера // ИКТ. Т. 1, № 3, 2003. – С. 51-55.
3. Балобанов А.В., Балобанов В.Г. Алгоритмы цветокодирования для получения максимальной информационной емкости черно-белых изображений // Материалы XVII РНТК ПГУ-ТИ. Самара, 2010. – С. 138-139.
4. Балобанов В.Г., Безруков В.Н., Балобанов А.В. Учет особенностей зрительного восприятия цветных изображений при выборе оптимального алгоритма цветокодирования черно-белых изображений // Материалы XVII РНТК ПГУТИ. Самара, 2010. – С. 137-138.
5. Яне Б. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2007. – 218 с.
6. Новаковский С.В. Цвет в цветном телевидении. М.: Радио и связь, 1988. – 288 с.

DIGITAL METHODS OF FORMATION AND TRANSFORMATION OF SIGNALS COLOR COMPONENTS OF BLACK AND WHITE IMAGES

Balobanov A.V.

The questions of increasing the information capacity of black - and - white images based on features of the visual perception of black - and - white and color images, and basic methods of color coding.

Keywords: optimal algorithm for color coding, the information capacity, Maxwell's color triangle, the number of distinct gradations of brightness, the dynamic range of luminance signal, color saturation.

Балобанов Андрей Владимирович, ассистент Кафедры «Телевидение» Московского технического университета связи и информатики. Тел. (8-495) 957-77-08. E-mail: andrey_sam@mail.ru

УДК 621.391.812.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЗАТУХАНИЯ УРОВНЯ ПОЛЯ В СИСТЕМАХ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И СОСТАВА ВОЗДУШНЫХ МАСС ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Пищин О.Н.

Проведены исследования зависимости уровня затухания сигналов в системах сотовой связи и широкополосного радиодоступа от температуры окружающей среды. Предложены мероприятия по стабилизации параметров сети сотовой связи при аномально сверхдальнем распространении радиоволн в УВЧ диапазоне.

Ключевые слова: ослабление радиосигналов, влияние температуры воздуха на дальность радиосвязи, сверхдальнее распространение радиоволн

Введение

Исследование распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи общего пользования (СПР ОП) или, другими словами, системах, использующих диапазон ультравысоких частот (УВЧ): 300 МГц...3ГГц, остается актуальным как для систем 2-го поколения, так для систем 3-го и 4-го поколений ввиду того, что указанные системы предназначены для функционирования именно в этом диапазоне. Исследование физики процесса затухания уровня поля становится более актуальным ввиду существующей тенденции снижения мощности радиопередающих устройств, экономии энергии и поиска оптимальных решений для обеспечения качества предоставления услуг в системах связи с наименьшими затратами.

В свете современного развития систем сотовой связи и широкополосного доступа наиболее актуальным является более глубокое изучение физики процесса распространения радиоволн исследуемого диапазона (УВЧ) и исследования условий распространения радиоволн как являющейся неуправляемой составляющей радиолинии. Знание особенностей распространения радиоволн,

их зависимости от природных (неуправляемых) факторов, в свою очередь не зависящих от совершенства технических средств связи, позволит планировать и создавать центры контроля и управления качеством систем широкополосного доступа, а впоследствии создать саморегулируемую или Smart-систему подвижной сотовой радиосвязи и широкополосного радиодоступа, реагирующую на изменение внешних факторов и удерживающую всю систему связи в состоянии равновесия.

Основные соотношения

В задаче обеспечения качества предоставления услуг СПР ОП одним из основных параметров является полнота радиопокрытия территории, на которой оператор оказывает услуги связи и сервис. Волны УВЧ диапазона по своим свойствам наиболее близки к световым лучам. Они в основном распространяются прямолинейно и сильно поглощаются землей, растительным миром, различными сооружениями, предметами. [1]. Размещение технических устройств системы на местности планируется, как правило, посредством автоматизированных расчетных комплексов с использованием цифровых карт местности.

Математические модели, используемые комплексами, разнообразны и ориентированы на расчеты в различных условиях распространения радиоволн относительно земной поверхности (учет местных предметов, рельефа местности и их особенностей). Моделей, учитывающих зависимость распространения радиоволн от температурных условий, как правило, нет ввиду принятия за незначительное воздействие изменений температуры окружающей среды на уровень затухания радиоволн. Однако наблюдения за качеством радиопокрытия в системах подвижной