

ОБЗОР КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЯРКОСТНЫХ ПРИЗНАКОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Булатов В.В., Статкевич А.В.

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического
приборостроения, г. Санкт-Петербург*

Ключевые слова: изображение, критерии качества, яркостные признаки, система технического зрения.

Аннотация. Рассматриваются различные методы оценки яркостных признаков изображения для систем технического зрения. Проанализирована эффективность современных алгоритмов и методик, направленных на улучшение качества изображения.

AN OVERVIEW OF THE CRITERIA FOR EVALUATING THE BRIGHTNESS CHARACTERISTICS OF AN IMAGE FOR A MACHINE VISION

Bulatov V.V., Statkevich A.V.

Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint Petersburg

Keywords: image, quality criteria, brightness signs, machine vision.

Abstract. Various approaches to solving the problem of evaluating the brightness characteristics of a digital image for a machine vision are considered. The effectiveness of modern algorithms and techniques is analyzed.

Введение

Изображение представляет собой двумерную картину распределения яркости. Существуют различные методы оценки качества изображения, в которых следует учитывать комплекс. К признакам качества можно отнести следующие: резкость, зашумленность, контраст, цветопередача, диапазон уровней освещенности, наличие aberrаций и др. Все перечисленные признаки влияют на процесс классификации в системах технического зрения (СТЗ), что может привести к ошибкам распознавания объектов. Поэтому при разработке СТЗ следует учитывать характеристики качества исходного изображения.

На сегодняшний день существуют два основных подхода к оценке качества изображения: количественная оценка с помощью использования математических методов (среднеквадратическая ошибка, – норма, меры, учитывающие особенности восприятия изображения зрительной системы человека) и субъективная оценка на основе экспертных оценок.

Субъективные методы – невозможно автоматизировать в режиме реального времени, являются дорогостоящими и требуют участия большого количества людей. Следовательно, цель современных исследований по оценке качества изображения заключается в разработке алгоритмов для объективной оценки, которые также будут согласовываться с субъективными оценками.

Методы оценки яркостных признаков изображения

Термины «яркость», «контраст», «резкость» являются субъективной оценкой качества изображения. Рассмотрим их подробнее.

Яркость – это неформальный термин, который употребляется для обозначения по крайней мере двух различных понятий: яркости изображения и яркости сцены [1].

Под яркостью подразумевается термин освещенность изображения. Освещенность – это мощность энергии, падающей на поверхность, отнесенная к единице площади. Освещенность изображения в каждой конкретной точке изображения зависит от количества света, который попадает в нее из соответствующей точки объекта.

При рассмотрении термина «яркость сцены» подразумевается энергетическая яркость поверхности. Разные точки на объектах, которые расположены перед зрительной системой, имеют различную яркость, зависящую от их освещенности и способности отражать свет.

Контраст является отношением максимальной яркости (яркости в белом) к минимальной яркости (яркости в черном). Контраст воспроизводимого изображения определяется как контрастом исходного изображения, так и ограничениями со стороны воспроизводящего устройства [2].

Существуют различные методы улучшения контраста. В основном производится корректировка контраста глобально по всему изображению, не учитывая локальные особенности. Выделяются три основных группы алгоритмов улучшения контраста. Рассмотрим их подробнее.

1. Алгоритмы, основанные на применении физической модели формирования полутонового изображения.

Наиболее популярно представление методов улучшения изображения данной группы следующим образом:

$$I = R \times L,$$

где L – освещенность объекта, изменяющаяся медленно по всему изображению; R – отражающая способность деталей объекта, изменяющаяся с увеличением частоты [1].

Недостатком данной модели является то, что не принимается во внимание наличие воз источников света, зеркальных отражений (используются только диффузные Ламбертовы отражения) и формирования теней от объектов на изображении [3]. При этом модель успешно применяется для обработки широкого класса изображений.

2. Алгоритмы локальной коррекции – основаны на применении нелинейных кривых преобразования гистограммы яркостей, где форма и тип применяемых кривых зависит от локального распределения полутонов.

Рассмотрим метод коррекции теней и светов, который представлен в работе [4]. Метод разбивается на две части, идет работа двух операторов. Первый оператор вычисляет маску, второй объединяет маску и входное изображение. Маска представляет собой инвертированную монохромную версию фильтра нижних частот входного изображения. Комбинированная операция состоит из простой степенной функции, где показатель степени вычисляется с использованием значения маски. К примеру, для изображения, яркость которого нормализована в диапазоне [0; 1], кривые принимают следующие значения:

$$R = (R)^{2^{(1-2Mask)}} ; G = (G)^{2^{(1-2Mask)}} ; B = (B)^{2^{(1-2Mask)}} .$$

Использование инвертированной монохромной версии нижних частот оригинала позволит сбалансировать глобальные и локальные изменения контрастности и уменьшить искажения цветности. Данный алгоритм возможно использовать для изображений с вспышкой или неравномерной экспозицией.

3. Группа алгоритмов, которая базируется на методе CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization; адаптивная эквализация гистограмм с ограничением контраста) [5]. Основное назначение метода – коррекция полутоновых медицинских изображений.

Появление большого количества цветowych артефактов не позволяет применять данную группу алгоритмов для фото- и видеоизображений.

Существует еще один термин, который относится к яркостным признакам – резкость изображения.

Резкость – степень размытости границы между двумя соседними зонами изображения с разной яркостью. Резкость является важнейшим показателем качества изображения, во многом определяющим возможность его дальнейшей обработки [6].

Проанализировав основные субъективные оценки качества изображения, которые используются в СТЗ, рассмотрим два варианта оценки качества изображения.

1. Сравнение с эталоном.

В работе [7] представлен метод MS-SSIM (Multi Scale SSIM, модификация метрики SSIM). Метод SSIM (англ. Structural Similarity, структурное подобие) [8] основан на сравнении эталонного и искаженного изображения по следующим характеристикам: яркость, контрастность и структура. В методе MS-SSIM можно учитывать детали изображения при разных разрешениях. Система получает на входе эталонное и искаженное изображение, на которое в следствии применяют фильтры низких частот и децимацию изображения в два раза, вычисляя каждый раз функцию сравнения контраста и функцию сравнения структуры [9].

2. Безэталонная оценка качества изображения.

В данном методе мера резкости изображения находится путем оценки угла наклона профиля яркости изображения на границе перепада. Алгоритм включает следующие этапы: выделение краевых пикселей, с применением фильтр подчеркивания границ; определение направление градиента для каждого граничного пикселя; поиск ближайших пикселей с минимальными и максимальными значениями яркости; расчет яркостного перепада и оценку резкости для каждого граничного пикселя.

Данный алгоритм может быть использован в распознавании изображений в режиме реального времени, например, в системах ограниченного доступа или идентификации личности по изображению радужной оболочки глаза [10].

Заключение

В статье рассмотрена малая часть количественных мер качества изображения, которые необходимы для проектирования и оценки систем воспроизведения изображения. В зависимости от типа изображения применяется определенная количественная оценка качества. Для СТЗ наиболее перспективным является использование оценки качества изображения с помощью меры резкости

изображения, так как в данном способе не требуется эталонное изображение для сравнения.

Список литературы

1. Horn B. Robot vision. – MIT Press, 1986.
2. Красильников Н.Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб. пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 608 с.
3. Завалишин С.С. Алгоритм адаптивного контрастирования изображения // Цифровая обработка сигналов. – 2016. – №3. – С. 63-68.
4. Moroney N. Local color correction using non-linear masking // Proc. of 8th Color Imaging Conference. 2000.
5. Zuiderveld K. Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization // Graphic Gems IV. 1994. P.474–485.
6. Монич Ю.И., Старовойтов В.В. Оценка качества для анализа изображений // Искусственный интеллект. – 2008. – №4. – С. 376-385.
7. Wang Z., Bovik A.C., Sheikh H.R., Simoncelli E.P. IEEE Transactions on Image Processing. 2004. Vol. 13, №4. P. 600-612.
8. Филиппов А.К., Шахтарин Б.И. Эталонная оценка качества оцифрованных статических изображений и видеосигналов в системах безопасности // Вопрос кибербезопасности. – 2017. – №2(20). – С. 61-74.
9. Бабкин П.С., Павлов Ю. Н. Анализ и сравнение объективных методов оценки качества изображения // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. – 2014. – №9. – С. 203-215.
10. Монич Ю.И., Старовойтов В.В. Мера оценки резкости цифрового изображения // Доклады БГУИР. – 2011. – С. 376-386.

Сведения об авторах:

Булатов Виталий Владимирович – доцент, к.т.н. кафедры электромеханики и робототехники СПбГУАП, г.Санкт-Петербург;

Статкевич Анастасия Вячеславовна – магистрант СПбГУАП, г.Санкт-Петербург.