

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

МЕТОДЫ БЕЗЭТАЛОННОЙ ОЦЕНКИ РЕЗКОСТИ И ДЕТАЛИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Агафонов Владислав Юрьевич

аспирант кафедры САПРиПК ВолГТУ, г. Волгоград

Фоменкова Марина Александровна

аспирант кафедры САПРиПК ВолГТУ, г. Волгоград

АННОТАЦИЯ

В данной статье предложены методы безэталонной оценки качества изображения. Описаны основные этапы реализации методов. Приведены результаты работы.

ABSTRACT

In this article, methods for assessment of image quality without reference are offered. The main stages of the implementation of these methods are described. Results of the work are presented.

Ключевые слова: обработка изображений, оценка качества изображений

Keywords: image processing, quality assessment

Введение

В большинстве случаев, при оценке качества изображения человек не имеет эталона и поэтому оценивает его хорошее или плохое качество на основе своего опыта зрительного восприятия таких характеристик изображения, как четкость, резкость, контраст, насыщенность, наличие артефактов. Методы анализа качества изображений основаны на результатах сопоставления числовых мер различий эталонного и искаженного изображений с параметрами выбранной зрительной модели.

Проблема поиска новых методов анализа качества искаженных изображений, позволяющих объективно оценить ухудшение четкости, резкости, детализации без наличия эталона, является очень актуальной.

1. Оценка резкости изображения

Резкость изображения это один из главных показателей его качества, из которого можно судить о пригодности изображения к дальнейшей обработке. Резкость описывает различимость деталей на фотографии. Соответствующая техника фотографии и пост-обработки может значительно улучшить резкость, хотя она безусловно ограничена возможностями камеры, увеличением изображения и дистанцией просмотра. Резкость также можно определить, как степень размытости границы между двумя соседними участками изображения с различной яркостью. На рисунке 1 представлено резкое изображение не размытое (не резкое).



а) Резкое изображение

б) Размытое изображение

Рисунок 1. Степень резкости изображения

В данном случае меру резкости можно оценить, как отношение изменения яркости изображения к длине участка на котором происходит это изменение.

$$S = \frac{\Delta I}{w}, \quad (1)$$

где I - это изменение яркости, w - ширина перехода. Если представить яркость изображения в виде функции от положения по оси X то наглядно резкость может быть представлена как тангенс угла наклона (рисунок 2).

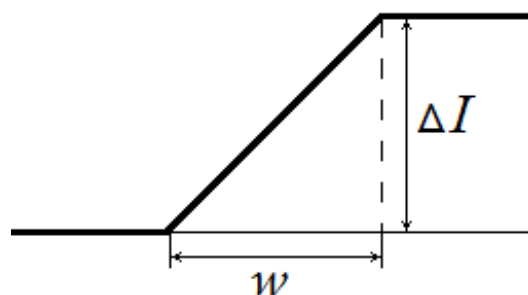


Рисунок 2. Профиль резкости изображения

Для того чтобы определить потенциальную границу перехода используется метод определения границ Канни, основанный на предположении о том, что граница есть наибольшее значение модуля градиента [3]. Алгоритм детектора границ не ограничивается вычислением градиента сглаженного изображения. В контуре границы оставляются только точки максимума градиента изображения, а не максимальные точки, лежащие рядом с границей, удаляются. Здесь также используется информация о направлении границы для того, чтобы удалять точки именно рядом с границей и не разрывать саму границу вблизи локальных максимумов градиента. Затем с помощью двух порогов удаляются слабые границы. Фрагмент границы при этом обрабатывается как целое. Если значение градиента где-нибудь на прослеживаемом фрагменте превысит верхний порог, то этот фрагмент остается также допустимой границей и в тех местах, где значение градиента падает ниже этого порога, до тех пор, пока она не станет ниже нижнего порога. Если же на всем фрагменте нет ни одной точки со значением большим верхнего порога, то он удаляется. Такой гистерезис позволяет снизить число разрывов в выходных границах.

Включение в алгоритм Канни шумоподавления с одной стороны повышает устойчивость результатов, а с другой — увеличивает вычислительные затраты и приводит к искажению и даже потере подробностей границ. После того как все границы будут найдены, необходимо для каждого пикселя, принадлежащего границе вычислить направление градиента, это можно сделать с помощью оператора Собеля по x и y осям. Оператор вычисляет градиент яркости изображения в каждой точке.

Так находится направление наибольшего увеличения яркости и величина её изменения в этом направлении. Результат показывает, насколько резко или плавно меняется яркость изображения в каждой точке, а значит, вероятность нахождения точки на грани, а также ориентацию границы. На

практике, вычисление величины изменения яркости (вероятности принадлежности к грани) надежнее и проще в интерпретации, чем расчёт направления.

Математически градиент функции двух переменных для каждой точки изображения (которой и является функция яркости) — двумерный вектор, компонентами которого являются производные яркости изображения по горизонтали и вертикали. В каждой точке изображения градиентный вектор ориентирован в направлении наибольшего увеличения яркости, а его длина соответствует величине изменения яркости. Это означает, что результатом оператора Собеля в точке области постоянной яркости будет нулевой вектор, а в точке, лежащей на границе областей различной яркости — вектор, пересекающий границу в направлении увеличения яркости. Ядра фильтра Собеля по X и Y осям выглядят следующим образом:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Для каждого такого пикселя границы вдоль направления градиента необходимо найти максимальное и минимальное значение яркости в некоторой окрестности. Тогда I будет равно разности значений яркостей, а w — евклидовому расстоянию между этими значениями. Усредненное значение резкости по всему изображению и будет мерой резкости для всего изображения. Примеры предложенной оценки резкости показаны на рисунке 3.

Для примеров были взяты изображения имеющие четкие границы. Каждое изображение было смазано с помощью фильтра Гаусса со значением $\sigma = 1$ и $\sigma = 2$. По результатам видно, что изображения имеющие более четкие границы имеют более высокое значение S , что соответствует ожидаемым результатам. Данная метрика хорошо может использоваться при оценке резкости изображения, полученного в результате применения методов повышения разрешения.



Рисунок 3. Изображения, размытые фильтром Гаусса с заданной сигмой и оценка резкости

2. Оценка детализации изображения

Повышение качества изображения для восприятия человеком, создание спецэффектов, обработка изображений (выделение объектов, поиск лиц, улыбок) это задачи, которые решаются с помощью фильтрации изображений. Наиболее широкий спектр эффектов достигается за счет использования частотных фильтров. Оценка детализации изображения будет происходить на основе преобразования Фурье.

Преобразование Фурье — это интегральное преобразование, которое раскладывает исходную функцию на базисные функции, в качестве которых выступают синусоидальные функции, то есть представляет исходную функцию в виде интеграла синусоид различной частоты, амплитуды и фазы. В частотном пространстве (frequency domain) по оси абсцисс откладывается частота, а по оси ординат — амплитуда гармоник, составляющих функцию. Таким образом, получается разложение исходной функции времени на гармонические составляющие (синусоиды с различными амплитудами и частотами).

Для перевода сигнала из временного пространства в частотное используется преобразование Фурье (ПФ) [2]. Для восстановления функции из частотного пространства используется обратное преобразование Фурье. Одна из важнейших особенностей преобразования Фурье заключается в том, что спектр суммарной функции времени равен сумме спектров ее гармонических составляющих.

Непрерывное преобразование Фурье применяется к функции $x(t)$, заданной на всей числовой оси, т.е. на интервале $(-\infty, +\infty)$. В результате преобразования получается функция-спектр $y(w)$:

$$y(w) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \exp(-w \cdot t \cdot i) dt \quad (2)$$

Обратное преобразование предназначено для восстановления функции по ее спектру. Таким образом, если к фурье-образу $y(w)$ применить обратное преобразование Фурье, то получится исходная функция $x(t)$:

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} y(w) \exp(w \cdot t \cdot i) dw \quad (3)$$

В цифровой технике работать с непрерывными функциями неудобно, поэтому функции часто задаются в виде набора значений на фиксированной сетке. Преобразование Фурье может использоваться как для непрерывных, так и для дискретных функций. В последнем случае оно называется дискретным преобразованием Фурье — ДПФ (в этом случае предполагается, что за пределами сетки функции периодически повторяются).

ДПФ ставит в соответствие N отсчетам дискретного сигнала, N отсчетов дискретного спектра, при этом предполагается, что и сигнал, и спектр являются периодическими и анализируются на одном периоде. $x(t)$ и $y(w)$ — комплексные функции действительного аргумента. Зададим следующие обозначения:

$$x_n = x(n \cdot \Delta t), n = \overline{0, N-1} \\ y_n = y(n \cdot \Delta w), n = \overline{0, N-1} \quad (4)$$

Тогда выражение для прямого преобразования Фурье:

$$y(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \cdot \exp\left(-\frac{kn}{N} 2\pi\right), k$$

$$= \overline{0, N-1} \quad (5)$$

Обратное преобразование в таком случае будет иметь вид:

$$x(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} y_n \cdot \exp\left(\frac{kn}{N} 2\pi\right), k$$

$$= \overline{0, N-1} \quad (6)$$

ДПФ можно рассматривать как аппроксимацию непрерывного ПФ, по аналогии с тем, как интеграл аппроксимируется интегральной суммой. Определенное таким образом дискретное преобразование Фурье сохраняет практически все свойства непрерывного.

Все фильтры делят на две группы: пространственные и частотные. Типов пространственных фильтров достаточно много: линейные, медианные, изотропные и др. Процесс фильтрации в этих фильтрах основан на простом применении маски фильтра ко всем точкам изображения. Все пространственные фильтры имеют линейную трудоемкость.

Частотная фильтрация является более общим механизмом фильтрации, чем пространственная. Все пространственные фильтры можно реализовать

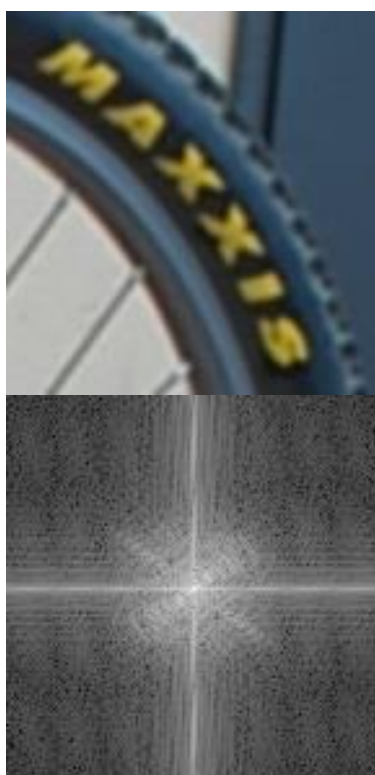
с помощью частотных. Частотные фильтры выполняют фильтрацию изображений в частотной области. Для этого с помощью преобразования Фурье происходит получение спектра изображения. После применения фильтра к спектру изображения выполняется обратное преобразование Фурье и получается отфильтрованное изображение.

Простота фильтрации в частотной области заключается в простой

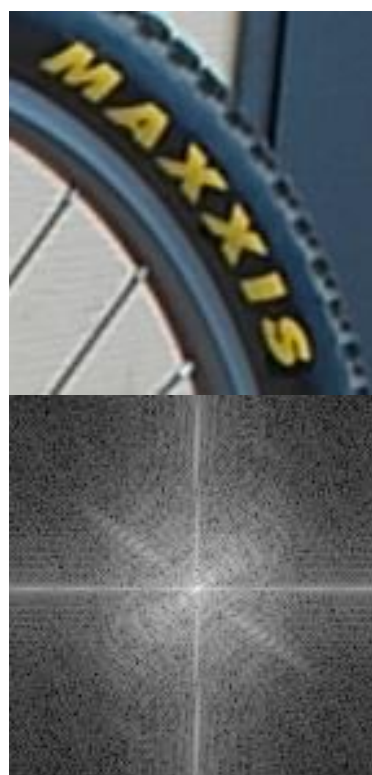
интерпретации частот: низкие частоты — плавное изменение яркости изображения, высокие частоты — быстрое изменение яркости изображения (границы объектов, детали). За счет изменения значений определенных частот можно добиться размытия изображения, повышение резкости и др.

Для оценки детализованности изображения вычислим Фурье-образ изображения и посчитаем среднее значение высоких частот D . На более детализованном и более резком изображении высоких частот будет больше (рисунок 4).

Для более наглядной визуализации спектра выводится логарифмированный спектр. Логарифмический спектр получается за счет применения функции логарифма к каждой точке спектра и последующей нормировки полученных значений (если какая-либо точка спектра имела нулевое значение, то на логарифмическом спектре соответствующая точка будет принимать значение 0).



а) $D = 0.330$



б) $D = 0.367$

Рисунок 4. Изображения и их Фурье-образы

Заключение

В данной работе рассмотрены критерии качества изображения, которые можно считать объек-

тивными. На практике эти методы позволят оценивать четкость и детализацию изображений, полученных после применения методов улучшения качества. Предложенные методы безэталонной

оценки качества были успешно использованы при многокадровом повышении разрешения изображений [1].

Список литературы:

1. Агафонов В. Ю. Методы многокадровой обработки для повышения качества цифровых изображений // Известия ВолгГТУ. 2015. №2 (157).

2. Сиднев А.А. Образовательный комплекс «Параллельные численные методы». Фильтрация изображений. Быстрое преобразование Фурье. Нижний Новгород: ННГУ, 2010. 168 с

3. Canny J.F. Finding edges and lines in images [Доклад]. - [б.м.]: Technical

Report AI-TR-720, Massachusetts Institute of Technology, Artificial Intelligence Laboratory, 1983.

УДК 621.313.048

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ИЗОЛЯЦИИ КЛАССА НАГРЕВОСТОЙКОСТИ 220°C ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Нейдорфер Харальд.

*Профессор, докт.техн. наук, компания Traktionssysteme Austria GmbH
Браун-Бовери-Штрассе 1, 2351 Вейнер-Ньюдорф, Австрия.*

Карпенко Владимир Владиславович

*канд. тех. наук, Руководитель Испытательного Центра Тягового Электрооборудования
Государственного Предприятия «ЗАВОД «ЭЛЕКТРОТЯЖМАШ», г. Харьков.*

Василенко Денис Юрьевич

*заведующий лабораторией климатических исследований Государственного
Предприятия «ЗАВОД «ЭЛЕКТРОТЯЖМАШ», г. Харьков.*

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты экспериментальных сравнительных исследований стойкости электрической изоляции образцов ТЭМ на основе изоляции класса нагревостойкости 220°C с серийными образцами на основе классов F или H. Построена математическая модель результатов испытаний на влагостойкость. Установлено, что образцы ТЭМ на основе изоляции класса 220°C имеют характеристики изоляции достаточно высокие по сравнению с образцами класса H. На основании результатов сравнительных испытаний подтверждена целесообразность и перспективность применения изоляции класса 220°C, рекомендовано применение полученных математических моделей для исследований целесообразности конструктивных или технологических нововведений.

Ключевые слова: электрическая машина, изоляция, класс нагревостойкости, климатические испытания, повышенная и пониженная температура, влажность воздуха, сопротивление изоляции.

ABSTRACT

The results of experimental researches of comparative stability of the electrical insulation based on the TEM samples insulation heat resistance class 220° C with serial samples on the basis of class F or H. A mathematical model to predict the results of tests on water resistance is constructed. It was found that samples of TEM-based insulation class 220 ° C insulation characteristics are quite high in comparison with samples of class H. Based on the results of comparative tests confirmed the feasibility and prospects of applying insulation class 220 ° C, recommended application of found models for researches expeditious innovations of design or technology.

Keywords: electric machine, insulation, heat resistance class, climatic tests, high and low temperature, air humidity, insulation resistance.

Введение и новизна. В практике электромашиностроения России, а также в других странах СНГ, при изготовлении электрических машин подвижного состава железнодорожного транспорта применяется изоляция класса нагревостойкости F или H [4]. Вместе с тем, большим резервом повышения технических характеристик, в том числе ресурсных, ТЭМ является переход на класс изоляции 200°C и 220°C. Такая конструкция изоляции находит все более широкое применение в ТЭМ иностранных изготовителей, в т.ч. «Alstom transport» (Франция), «General electric» (США), «Traktionssysteme Austria GmbH» (Австрия) и др. Однако, учитывая «мягкие» климатические условия эксплуатации в Европе, испытания в «жестких» условиях России не проводились.

Чтобы оценить пригодность систем изоляции 200°C (220) в условиях эксплуатации железных дорог РФ, Украины и странах СНГ необходимо провести комплекс исследований в условиях имитирующих реальные климатические факторы (влажность до 100%, повышенную (до +40°C) и пониженную (до -60°C) температуру).

Анализ последних достижений и публикаций. Новые электроизоляционные материалы, а также технологии ее изготовления позволили усовершенствовать системы изоляции ТЭМ, улучшить тем самым их эксплуатационные и энергетические характеристики [3, 5]. Разработки [3, 5, 6, 8] с подробно описанными видами изоляции, технологическими операциями изготовления, результатами испытаний различных образцов, основного технологического оборудования для изготовления изоля-