

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЮСТИРОВКЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ЛАЗЕРНОЙ УСТАНОВКИ

В. Д. Исаев, С. В. Евсеев

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю. Е. Седакова»

Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Бокс № 486, г. Нижний Новгород, 603951, (831)469-53-99,
telemeh@niis.mnov.ru

Введение

Юстировка оборудования системы диагностики выходных параметров излучения первой гармоники многоканальной лазерной установки является одним из процессов, автоматизация которых позволяет существенно упростить эксплуатацию системы. В процессе юстировки требуется с большой точностью определить центр пятна произвольной формы на изображении, полученном с камер, а так же провести сравнение с эталонным изображением пятна. Полученное изображение при этом может обладать разного рода дефектами: шумами различного происхождения, низким уровнем контраста пятна относительно фоновой засветки, бликами, неравномерностью засветки, вертикальными полосами, вызванными перенасыщением матрицы камеры. Яркость получаемого изображения так же может изменяться от кадра к кадру и зависит от множества внешних факторов: длины волны и мощности излучателя, пропускной способности светофильтров, времени экспонирования и других настроек камеры.

Таким образом, для обеспечения выполнения процесса юстировки потребовалось разработка следующих алгоритмов автоматической коррекции и анализа изображений:

- приведения яркости областей пятен и яркости фона к заданным уровням;
- сохранения распределения яркости, для корректного определения характеристик пятна;
- увеличения контраста в пограничных областях для точного определения границ пятен;
- фильтрации шумов, удаление дефектов, вызванных перенасыщением матрицы;
- определения наличия и основных характеристик пятен;
- заключения о соответствии пятна эталону по результату сравнения характеристик.

Важным требованием к реализации алгоритмов является работа в режиме реального времени с

возможностью параллельной обработки изображений с нескольких каналов, а так же устойчивость к изменению уровня яркости и контраста изображения.

Коррекция яркости изображений

В зависимости от мощности излучателя, пропускной способности светофильтров и настроек камер яркость пятна и фоновой засветки может значительно варьироваться. Это может привести к тому, что полученное необработанное изображение может быть непригодно для работы алгоритма определения характеристик пятен или ручной юстировки оператором, несмотря на то, что в изображении присутствует вся необходимая информация. Для анализа яркости изображения используется гистограмма – график отображающий распределение яркости элементов изображения (пикселей) относительно числа пикселей с конкретным значением яркости. Для изображения в тонах серого формула описывающая соотношение между значением пикселя исходного изображения i и значение элемента гистограммы f_i выглядит следующим образом:

$$f_i = (m - 1) \sum_{k=0}^i \frac{q_k}{Q}$$

где m – количество уровней серого в исходном изображении, q_k – количество пикселей с значением яркости k , Q – общее количество пикселей в изображении. Рассмотрим гистограмму изображения, полученного с камеры на макете оптической схемы системы диагностики выходных параметров излучения первой гармоники. Из-за разрядности исходного изображения в 14 бит (16384 оттенка) и общего количества пикселей 1048576 гистограмма, приведенная на рис. 1, нормализована по вертикали.

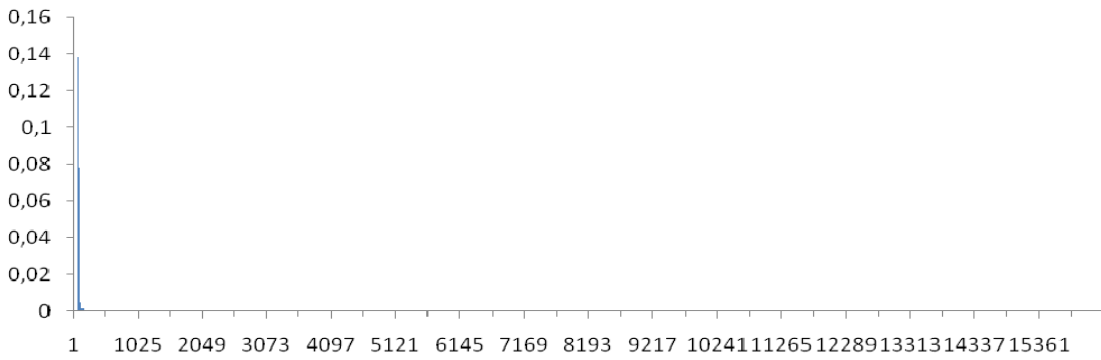


Рис. 1. Гистограмма типичного изображения, полученного с камеры

Из графика видно, что большая часть изображения состоит из черных пикселей фоновой засветки, диапазон яркостей, содержащих изображение пятен достаточно узок, а суммарная яркость пятен очень мала. При таком распределении использование таких методов как выравнивание или нормализация гистограммы [1], привело бы к преобладанию фоновых шумов над полезной информацией. Исходя из специфики задачи, за основу алгоритма коррекции изображения был выбран метод линейной растяжки, состоящий в расширении выбранного диапазона яркостей пикселей на весь доступный диапазон изображения. Функция f_i пересчета значения для каждого пикселя i выглядит следующим образом:

$$f_i = \begin{cases} l_s + (m - l_s) \frac{(q_i - v_s)}{(v_m - v_s)}, & q_i > v_s \\ l_b + (l_s - l_b) \frac{(q_i - v_s)}{(v_s - v_b)}, & v_b < q_i < v_s \\ \frac{l_b q_i}{v_b}, & q_i < v_b \end{cases}$$

где l_s – уровень средней яркости пятна на выходе, l_b – уровень средней яркости фона на выходе, q_i – значение яркости i пикселя, v_m – максимальная яркость пикселя на входе, v_s – уровень средней яркости пятна на входе, v_b – уровень средней яркости фона на входе, m – количество уровней серого в исходном изображении. Таким образом, на выходе получается изображение, на котором уровни яркости объектов и фона приведены к заданным уровням, при сохранении деталей изображения во всех диапазонах значений.

Для определения уровня средней яркости пятна на исходном изображении необходимо распределение значений яркости пикселей по строкам и столбцам изображения. Для i -го столбца изображения распределение gx_i вычисляется следующим образом:

$$gx_i = \sum_{j=0}^h q_{j,i}$$

где h – высота изображения в пикселях, $q_{j,i}$ – значение яркости пикселя расположенного в i строке j столбце изображения. Полученное распределение нормируется относительно максимального элемента, после чего происходит расчет уровня фоновой засветки l_{gm} в распределении на основе среднего значения в областях с отсутствием резких перепадов. После вычитания засветки, пересчета диапазона и сглаживания пиков график распределения приобретает вид, представленный на рис. 2.

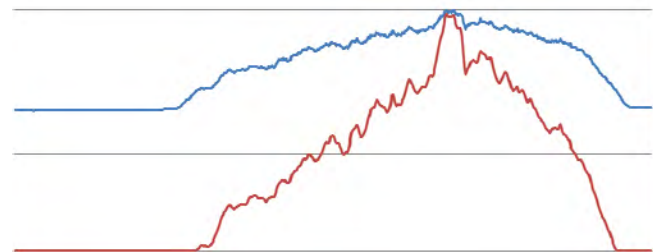


Рис. 2. Исходное (синее) и скорректированное (красное) распределение суммарной яркости по строкам изображения

Преобразованные таким образом распределения по столбцам и строкам изображения в дальнейшем используются как источники весовых коэффициентов для расчета средней яркости пятна:

$$l_s = \frac{1}{c} \left(\sum_{j=0}^h \sum_{i=0}^w \frac{q_{j,i}}{gx_i gy_j + 0,1(gx_i + gy_j)} \right)$$

где l_s – средний уровень яркости пятна, c – общее количество элементов в сумме, w – ширина изображения в пикселях, h – высота изображения в

пикселях, g_{xi} – значение распределения яркости в i столбце изображения, g_{yj} – значение распределения яркости в j строке изображения, $q_{j,i}$ – значение яркости пикселя расположенного в i строке j столбце изображения. Уровень средней яркости фона определяется схожим образом.

Пример работы алгоритма коррекции яркости изображения приведен на рис. 3.

Коррекция дефектов изображения

Для определения формы и основных характеристик пятен граница пятна должна быть легко различима, однако, как видно на рис. 3, на изображении могут возникать полосы, вызванные перенасыщением матрицы камеры. Для проведения коррекции важным являются следующие свойства дефекта: полосы всегда расположены вертикально,

а их суммарная яркость в каждой строке изменяется слабо. Таким образом, алгоритм удаления полос формулируется следующим образом: из каждой строки изображения вычитается строка, содержащая изображение усредненной полосы. Определение наличия полос на изображении, а так же различение строк содержащих только полосы от строк с полезной информацией производится по сравнению значений фоновой засветки по столбцам и по строкам изображения. Пример работы алгоритма удаления полос, выполненного перед коррекцией яркости, приведен на рис. 4.

Определение границ пятен

Для определения границ объектов, как правило, проводится бинаризация изображения, после которой пиксели, яркость в которых превышает

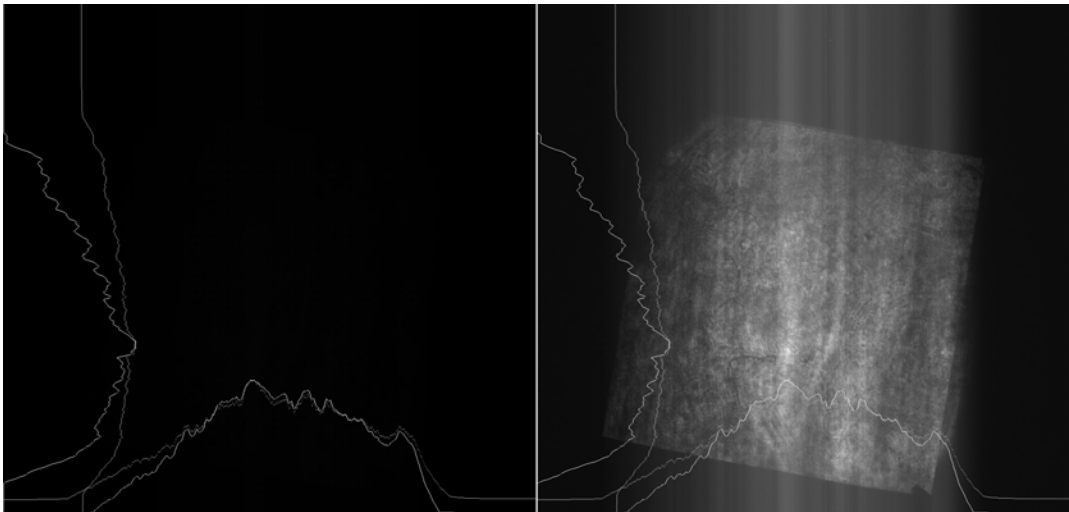


Рис. 3. Исходное изображение (слева) и изображение после выполнения алгоритма коррекции яркости (справа), с наложенными графиками распределения яркости

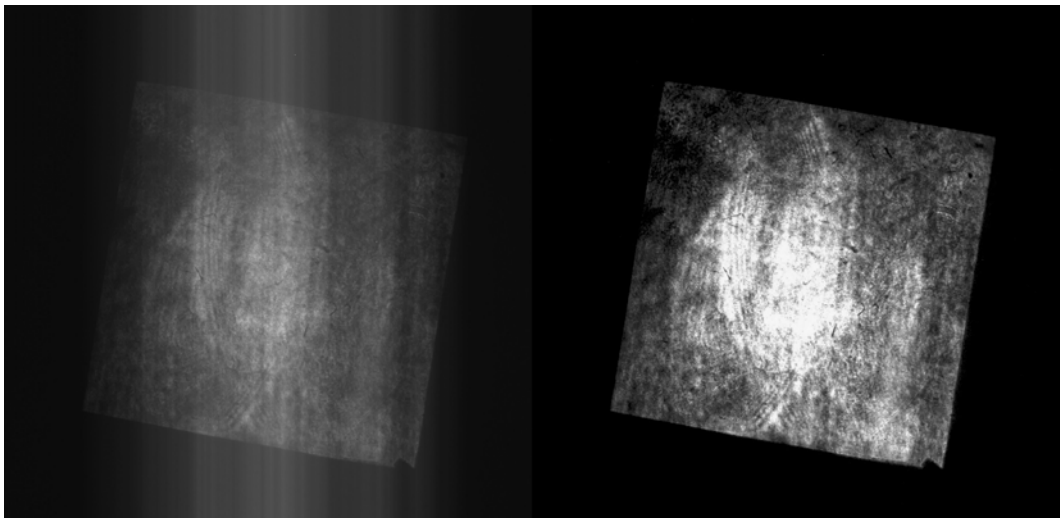


Рис. 4. Исходное изображение (слева) и изображение после выполнения алгоритма удаления полос (справа)

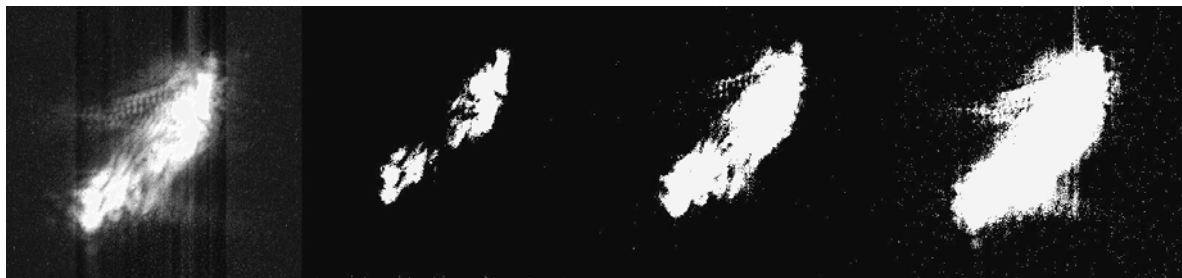


Рис. 5. Слева направо – исходное изображение, бинарные изображения с высоким, нормальным и низким уровнем отсечения относительно яркости фона

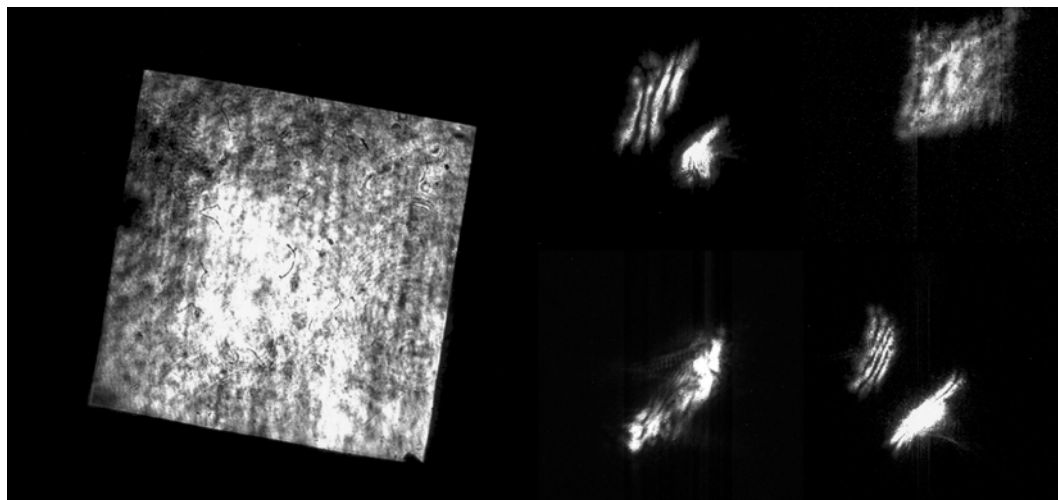


Рис. 6. Пример работы алгоритмов коррекции изображения на различных наборах входных данных

определенный порог, заполняются единицами (белым цветом), а остальные – нулями (черным цветом). Размытые границы пятен, неравномерность засветки внутри пятна и разного рода шумы могут привести к расхождению в оценке размеров и формы пятна при различных пороговых значениях, что видно на рис. 5.

Для сохранения распределения яркости внутри пятна и для уменьшения вклада пограничных областей с низкой яркостью при расчете характеристик пятна, было решено удалять только фон изображения, оставляя яркость объектов неизменной. Так как уровни яркости объектов и фона на изображении приближены к заданным уровням после коррекции яркости, единожды подобранный уровень отсечения фона показывает схожие результаты при значительных изменениях яркости изображения в серии последовательных кадров. Исключением является возможное возникновение зашумленных областей вокруг небольших пятен неправильной формы, которое не влияет на дальнейшую работу алгоритма определения границ пятна. Примеры работы алгоритма отсечения фона на различных входных изображениях приведены на рис. 6.

Заключение

В результате проделанной работы был разработан ряд алгоритмов, позволяющих выполнять без участия оператора и настройки параметров алгоритма под конкретное изображение, приведение яркости объектов и фона к заданным уровням, коррекцию дефектов изображения, удаление фоновой засветки. Выполнение алгоритмов обработки изображений позволяет получить контрастное изображение пятна с четкими границами и сохранением детализации при различных внешних условиях.

Список литературы

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений // М.: Техносфера, 2005.
2. Яне. Б. Цифровая обработка изображений // М.: Техносфера, 2007.
3. Стокман Дж., Шапиро Л. Компьютерное зрение // М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.