УДК 520.16, 520.18 DOI: 10.62955/0135-3748-2024-139

МЕТОД ЛОКАЛИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО ПЯТНА В ФОКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ ДАТЧИКА ШАКА-ГАРТМАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОРМАЛИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

М.Б. Дрига, А.Ю. Шиховцев, П.Г. Ковадло

Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, Россия, driga@iszf.irk.ru

METHOD OF SUNSPOT IMAGE LOCALIZATION IN THE FOCAL PLANE OF THE SHACK-GARTMANN SENSOR USING IMAGE NORMALIZATION

M.B. Driga, A.Yu. Shikhovtsev, P.G. Kovadlo

Institute of Solar-terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia, driga@iszf.irk.ru, Ashikhovtsev@iszf.irk.ru, kovadlo2006@rambler.ru

Аннотация. В настоящем докладе обсуждается метод определения координат контуров и центров солнечного пятна на субапертурах датчика Шака-Гартмана с применением алгоритма нормализации изображения. Приводится оценка среднеквадратичного отклонения площадей бинаризованных солнечных пятен, определенных по субапертурам гартманограммы.

Ключевые слова: датчик Шака-Гартмана, оптическая турбулентность

Abstract. This paper discusses a method for determining the coordinates of the sunspot contours and centers on the subapertures of the Shack-Hartmann sensor using an image normalization algorithm. An estimate of the standard deviation of the mean square deviation of the areas of binarized sunspots determined from the Hartmann sensor subapertures is given.

Keywords: Shack-Hartmann sensor, optical turbulence

ВВЕДЕНИЕ

Разрешающая способность телескопов наземного базирования ограничена атмосферной турбулентностью. При планировании наблюдательного времени на астрономических телескопах наземного базирования, в том числе, с использованием адаптивной оптики, а также при подстройке систем адаптивной оптики необходимо знать вертикальные профили оптической турбулентности [Ботыгина, 2013; Лукин, 2024]. Информация об этих профилях позволяет определять характеристики функции размытия точки системы оптический телескоп-атмосфера. При определении вертикальных профилей оптической турбулентности в месте расположения астрономического телескопа наземного базирования одной из задач является развитие методов и алгоритмов по автоматизированной обработке изображений. В частности, при определении характеристик оптических искажений важным оказывается использовать методы автоматического определения центров тяжести субизображений, а также координатного определения контуров изображений протяженных объектов солнечной поверхности, например, солнечного пятна или группы солнечных пятен. Корректное определение координат контуров солнечных пятен и их центров тяжести в пределах одного субизображения, формируемого субапертурой датчика Шака-Гартмана, как и определение этих характеристик для всего набора субизображений лежит в основе совершенствования и разработки новых методов профилирования оптической турбулентности [Shikhovtsev, 2024; Шиховцев, 2022].

Для того, чтобы хранить значения пикселей изображения, которое представляет собой гартманограмму используется положительный целочисленный тип данных, который может принимать 65535 значений.

Солнечное пятно на субапертуре гартманограммы представляет собой протяженную размытую область, из-за чего бинаризация этой области затруднена, а, следовательно и затруднено определение координат центра этой размытой области. Поэтому перед этапом бинаризации был включен этап нормализации изображения субапертуры гартманограммы, который позволяет сделать край солнечного пятна более резким, что позволяет более точно выделить солнечное пятно на изображении при дальнейшей бинаризации.

Во время компьютерной обработки гартманограмм возникает потребность в повышении их резкости за счет уменьшения диапазона значений, используемого для хранения значений каждого из пикселей. В данной работе для этого используется формула линейного преобразования представленая в формуле

$$i_{norm} = v_{min} + \frac{(x - min(i_{orig})) \times (v_{max} - v_{min})}{max(i_{orig}) - min(i_{orig})},$$

где i_{norm} — нормализованное значение, i_{orig} — исходное значение, v_{min} — минимальное значение нового диапазона, v_{max} — максимальное значение нового диапазона.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ СОЛНЕЧНОГО ПЯТНА НА СУБАПЕРТУРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОРМАЛИЗАЦИИ

На первом этапе применяется алгоритм локализации субапертуры. Результат работы этого алгоритма представлен на рис. 1.

Применение фильтра размытия к субапертуре позволяет убрать мелкозернистый шум. В результате чего получается изображение, представленное на рис. 2.

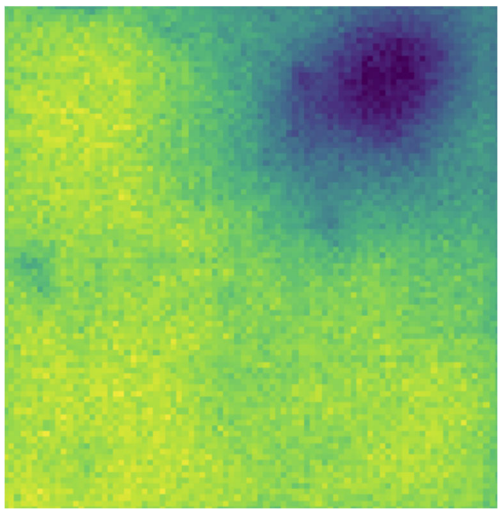

Рис. 1. Седьмая субапертура на первой гартманограмме исходного набора данных

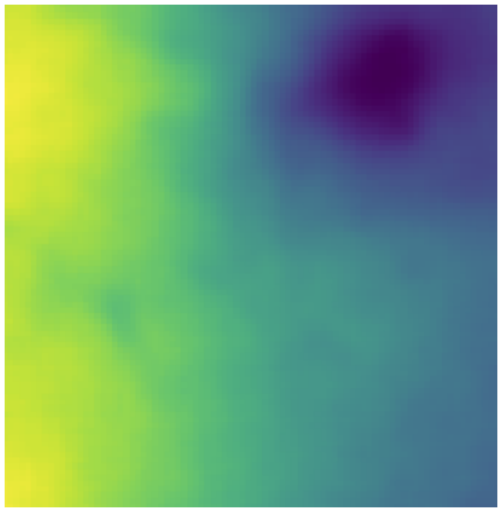

Рис. 2. Седьмая субапертура размытая блочным фильтром

Далее изображение гартманограммы нормализуется до 5 значений. Результат нормализации представлен на рис. 3.

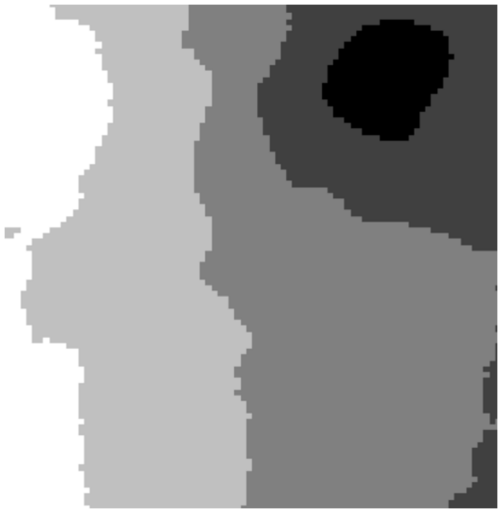

Рис. 3. Седьмая субапертура нормализованная до пяти значений пикселя [0;4]

Результат этой бинаризации представлен на рис. 4.

Рис. 4. Бинаризованная седьмая субапертура

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение алгоритма бинаризации для всех субапертур одной гартманограммы дало среднеее значение площади солнечного пятна в пикселях 209 при среднеквадратичном отклонении площади солнечного пятна 81.

Применение метода моментов к бинаризованному изображению субапертуры дает координаты центра солнечного пятна (64 по оси x, 19 по оси y).

Результаты получены с использованием Уникальной научной установки Большой солнечный вакуумный телескоп http://ckp-rf.ru/usu/200615/. Исследования выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ботыгина Н.Н., Ковадло П.Г., Копылов Е.А. и др. Оценка качества астрономического видения в месте расположения Большого солнечного вакуумного телескопа по данным оптических и метеорологических измерений // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26, № 11. С. 942–947.

Лукин В.П., Лукин И.П. Обзор современных технологий измерения, прогнозирования и коррекции турбулентных искажений в оптических волнах // Компьютерная оптика. 2024. Т. 48, № 1. С. 68–80.

Shikhovtsev A.Yu. Reference optical turbulence characteristics at the Large Solar Vacuum Telescope site // Publications of the Astronomical Society of Japan. 2024. psae031.

Шиховцев А.Ю. Метод определения характеристик оптической турбулентности по лучу зрения астрономического телескопа // Оптика атмосферы и океана. 2022. Т. 35, № 01. С. 74–80.