

В. Е. МАЛЮТИН, Н. Д. ТОЛСТОБА, Э. В. ЕМЕЛЬЯНОВ, Г. В. ЯКОПОВ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРИ КОНТРОЛЕ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ГАРТМАНА

Обсуждается проблема автоматической обработки гартманограмм при контроле оптических систем методом Гартмана. Рассматривается этап сепарации пятен рассеяния на гартманограмме и приводятся алгоритмы, разработанные для поиска пятен.

Ключевые слова: метод Гартмана, гартманограмма, сепарация, поиск.

Метод Гартмана, являющийся геометрическим методом контроля, позволяет обнаружить и измерить местные деформации волнового фронта, которые нарушают симметрию пучка лучей.

Известно [1, 2], что процесс обработки результатов контроля оптических систем методом Гартмана делится на следующие этапы:

1) определение идеальных положений центров пятен рассеяния, зарегистрированных на матричном приемнике;

2) обработка гартманограммы:

2.1 — определение масштаба и ориентации гартманограммы;

2.2 — сепарация пятен;

2.3 — определение центров пятен;

2.4 — идентификация пятен;

3) определение величин отклонений волнового фронта.

В настоящей статье рассматривается этап 2.2 — сепарация пятен на гартманограмме. Для устойчивой автоматической работы метода Гартмана с различными снимками необходимо распознавать любые картины с заранее неизвестным количеством пятен рассеяния. Для этого, в свою очередь, необходимо разделение гартманограммы на отдельные пятна в целях поиска информации о центрах пятен иными способами [3—5].

Рассмотрим методы нахождения пятен на гартманограмме.

Метод поиска пятен „по диагонали“. Интенсивность картины отдельного пятна от края к центру увеличивается, поэтому можно вывести следующее предположение: если интенсивность пикселей по диагонали отличается от интенсивности фона или изменяется при анализе некоторого ряда пикселей, то можно сделать вывод о том, что это — пятно рассеяния. В противном случае, если интенсивность пикселей меняется, но на небольшом участке гартманограммы, то этот участок необходимо считать цифровым шумом и его, соответственно, не следует определять как пятно рассеяния.

Алгоритм (рис. 1).

1. Диагональ направлена в четвертый квадрант (слева направо сверху вниз).

2. Изначально рассматривается пиксел (0,0) и подвергается проверке пиксел (1,1) на диагонали:

— если пиксел отличается от фона по интенсивности, то устанавливается маркер, и по диагонали проверяется следующий пиксел;

— если пиксел не отличается от фона по интенсивности, значит, перепад интенсивности завершен, следующие пиксели принадлежат фону, и маркировка диагонали пятна прекращается; далее начало проверки перемещается в пиксел (0,1).

Пикселы, помеченные на предыдущих шагах, пропускаются.

3. В результате по окончании анализа картины, т.е. по достижении последнего пиксела, формируется набор пятен рассеяния, помеченных штрихами слева направо по диагонали.

4. Далее алгоритм выполняется сначала с изменением направления диагонали просмотра на 90° (направление диагонали — третий квадрант). Снова маркируются пиксели, лежащие на диагонали.

5. Координаты границ пятен сохраняются и могут использоваться на следующем этапе обработки данных.

В результате выполнения алгоритма формируется картина, вид которой показан на рис. 1.

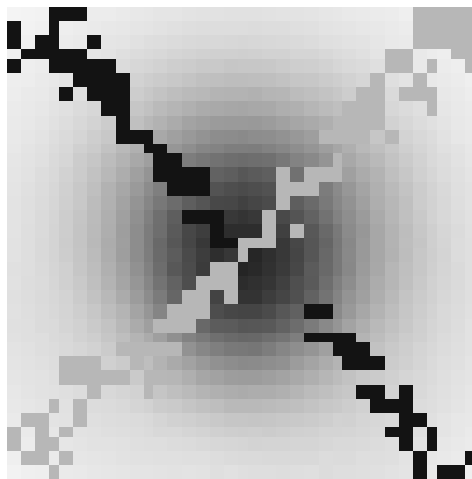


Рис. 1

Работа алгоритма может быть оптимизирована пользователем, если порог перепада интенсивности и шаги по диагонали будут заранее им определены.

К достоинствам данного алгоритма следует отнести простоту реализации и универсальность, а к недостаткам — большие затраты времени на обработку данных (вследствие двух проходов по изображению) и недостаточно точное определение границ пятна.

Метод поиска пятен „по прямой“. В основе данного метода поиска пятен рассеяния лежит предположение о том, что пятно рассеяния имеет форму эллипса. При последовательном анализе изображения слева направо верхний пиксел такого пятна будет находиться приблизительно над участком, интенсивность которого близка к максимальной яркости пятна рассеяния.

Для корректной работы алгоритма сначала необходимо определить интенсивность фона. Эту задачу можно решить несколькими способами:

- принять пиксел (0,0) за фон, что, однако, может вызвать случайные ошибки;
- предоставить выбор фона пользователю;
- произвести сканирование всего изображения и интенсивность подавляющего большинства пикселей принять за фон, что, однако, приведет к дополнительным затратам машинного времени.

Алгоритм (рис. 2).

1. Рассматривается пиксел (0,0).
2. Определяется интенсивность фона любым из указанных способов.
3. Проверяется близость значения интенсивности текущего пиксела (0,0) к интенсивности фона.
4. Если значения интенсивностей близки (шаг 3), то проверяется следующий пиксел (0,1).
5. Если пиксел отличается от фона по интенсивности, то записываются его координаты, и далее изменяется направление обработки снимка. При анализе изображения вниз по прямой — пиксели (1,1), (2,1) — проверяется их интенсивность, пока не достигается пиксел с фоновым значением интенсивности. В процессе анализа определяются координаты самого

яркого пиксела, запоминается самый нижний, отличающийся по интенсивности от фона пиксел и осуществляется возврат к самому яркому пикселу.

6. Осуществляется последовательный анализ изображения в левом направлении до достижения фонового значения интенсивности пиксела. Запоминаются координаты этого пиксела и при последовательном анализе в обратном направлении так же определяется положение крайнего правого фонового пиксела.

Таким образом становятся известны границы пятна рассеяния (рис. 2).

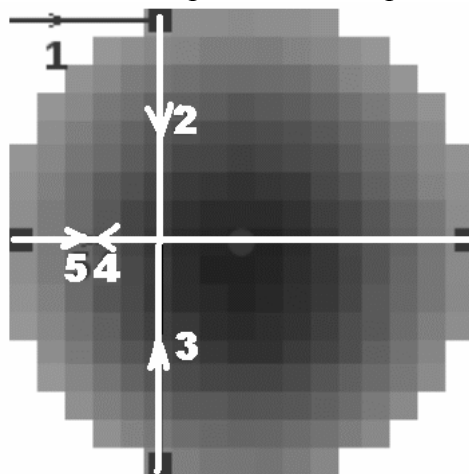


Рис. 2

На рис. 2 стрелками показано направление последовательного анализа при реализации алгоритма, цифрами обозначен порядок анализа.

В результате выполнения алгоритма формируются области, которые подлежат обработке для уточнения центров пятен и определения деформации волнового фронта.

Достоинства данного алгоритма — относительно высокая скорость поиска всех областей и примерных положений центров пятен, универсальность и простота реализации.

Анализ результатов. На рис. 3 представлены результаты обработки фрагментов гартманограммы с использованием метода поиска „по диагонали“ (а) и „по прямой“ (б).

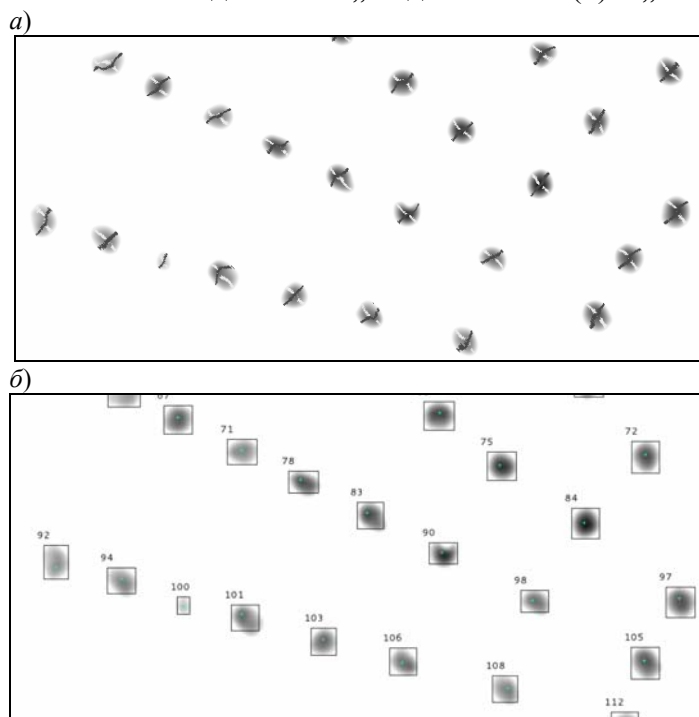


Рис. 3

Рассмотренные алгоритмы с высокой степенью достоверности определяют все пятна гартманогаммы. Однако при обработке одинаковых снимков метод „по диагонали“ в несколько раз уступает методу „по прямой“ по скорости работы.

Таким образом, при анализе гартманогамм для сепарации пятен рекомендуется использовать второй алгоритм — „по прямой“. Данный метод позволяет в автоматическом режиме определять местоположение пятен рассеяния, обеспечивая возможность автоматического анализа гартманогамм и получения достоверных сведений о деформациях главного зеркала большого телескопа альт-азимутального (БТА).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зверев В. А., Родионов С. А., Сокольский М. Н., Усоскин В. В. Технологический контроль главного зеркала БТА методом Гартмана // ОМП. 1977. № 3. С. 3—5.
2. Витриченко Э. А. Методы исследования астрономической оптики. М.: Наука, 1980. 152 с.
3. Tolstoba N. Analysis of Hartmann testing techniques for large-sized optics // Proc. of SPIE. 2001. Vol. 4451. P. 406—413.
4. Стороженко А. И., Толстова Н. Д. Измерение координат энергетических пятен рассеяния на матричном приемнике // Тр. Междунар. оптич. конгресса „Оптика—XXI век“. СПб: СПбГУ ИТМО, 2002.
5. Tolstoba N. D. Determination of aberrations by processing lenslet array image located on the CCD receiver // Proc. of SPIE. 2001. Vol. 4473.

Сведения об авторах

- Владимир Евгеньевич Малютин** — магистр; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра прикладной и компьютерной оптики; E-mail: scordion@mail.ru
- Надежда Дмитриевна Толстова** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра прикладной и компьютерной оптики; E-mail: nadinet@mail.ru
- Эдуард Владимирович Емельянов** — канд. техн. наук; Специальная астрофизическая обсерватория РАН, лаборатория обеспечения наблюдений, п. Нижний Архыз, Карачаево-Черкесская Республика; науч. сотрудник; E-mail: eddy@sao.ru
- Григорий Владимирович Яковов** — канд. техн. наук; Специальная астрофизическая обсерватория РАН, служба эксплуатации комплекса БТА, п. Нижний Архыз, Карачаево-Черкесская Республика; ст. науч. сотрудник; E-mail: yakopov@sao.ru

Рекомендована кафедрой
прикладной и компьютерной оптики
НИУ ИТМО

Поступила в редакцию
07.02.13 г.