

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ПАНОРАМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А. Ф. Назаренко

Описана автоматизированная система обработки панорамных изображений методом свертки, использующая в качестве устройства ввода информации автоматический микроденситометр АМД-1.

A system is described for automatic reduction of panoramic images by the method of convolution. An automatic microdensitometer AMD-1 is used in the system as an information input device.

Изучение огромного объема научной информации, получаемой фотографическим методом, ставит задачу своевременной и качественной ее обработки. Одним из наиболее перспективных направлений в этом является обработка изображений цифровыми методами, которые в сочетании с компьютерной техникой позволяют достаточно быстро получать идеально воспроизводимый результат с гарантированной точностью. В связи с этим у нас в стране и за рубежом созданы устройства автоматического считывания изображения с фотоэмульсии и передачи его в цифровые ЭВМ для обработки. Одним из таких устройств является автоматический микроденситометр АМД-1, серийно выпускаемый нашей промышленностью [1].

В вычислительном центре Специальной астрофизической обсерватории АН СССР ведутся работы по созданию автоматизированной системы обработки панорамных изображений, использующей АМД-1 в качестве устройства ввода изображения. Технические характеристики прибора таковы:

Размер обрабатываемого фотоизображения, см . . . . .	до 18×24
Минимальный шаг сканирования, мкм . . . . .	5
Скорость сканирования большая, мм/с . . . . .	до 5
Скорость сканирования малая, мм/с . . . . .	0.33
Пределы измерения оптической плотности $D$ . . . . .	0—4
Точность измерения оптической плотности $D$ . . . . .	0.01
Координатная точность на базе 20 см, мкм . . . . .	40

Автоматизированная система обработки панорамных изображений предназначена для ввода одномерных и двумерных изображений в ЭВМ М-400, их обработки и вывода результата на терминал.

Комплекс технических средств системы включает в себя базовый комплекс мини-ЭВМ М-400 с АМД-1 и при необходимости мини-ЭВМ «Электроника Э-100И», используемую в качестве процессора ввода—вывода устройств накопителя на магнитной ленте ИЗОТ, графопостроителя ВЕКТОР и электрокопировального устройства ЭЛИКА, подключаемых к процессору Э-100И с помощью блоков КАМАК и РАДУГА. Межпроцессорная связь осуществляется посредством интерфейса М-400 — Э-100И, разработанного и изготовленного в ВЦ САО.

Математическое и информационное обеспечение системы разработано, исходя из принципов структурного программирования, интерактивности и модульности программ. Это позволяет включать в систему новые функции без существенного изменения уже созданного математического обеспечения. Для получения максимального быстродействия системы, а также с целью наиболее эффективного использования оперативной памяти ЭВМ все программы системы написаны на языке Ассемблер и составляют несколько функциональных блоков.

Управление и ввод информации с микроденситометра осуществляется путем построчного сканирования и фотометрирования элементов изображения с последующим преобразованием результатов измерений в цифровой код. Введенная в ЭВМ в цифровом виде строка отсчетов оптической плотности или сразу же поступает на обработку, или предварительно записывается на магнитную ленту в нескольких модификациях. При последующей работе любая модификация может считываться с магнитной ленты, обрабатываться и записываться на место любой модификации этой же строки или выводиться на любое внешнее устройство по желанию оператора. Таким образом, в одном файле на магнитной ленте можно одновременно хранить исходное изображение и несколько его обработок.

К настоящему времени автоматизированная система обработки панорамных изображений производит операцию фильтрования изображений посредством выполнения двумерной свертки исходного изображения с импульсной характеристикой фильтра, т. е. с матрицей весовых коэффициентов, характеризующей требуемый цифровой фильтр,

$$y(u, v) = \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{M-1} h(u-j, v-k) x(j, k),$$

где  $x$  — матрица отсчетов исходного изображения;  $h$  — матрица импульсной реакции с желаемыми улучшающими свойствами;  $y$  — улучшаемое изображение.

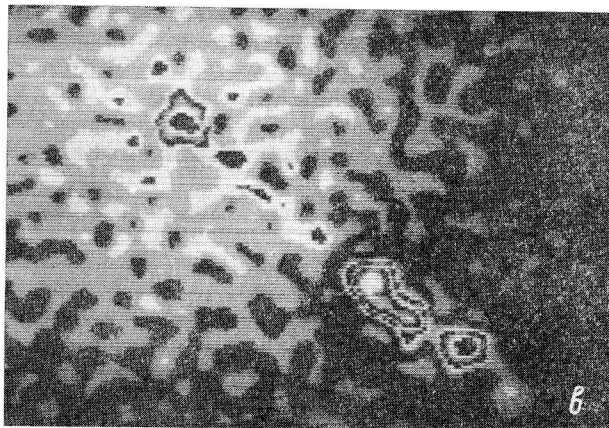
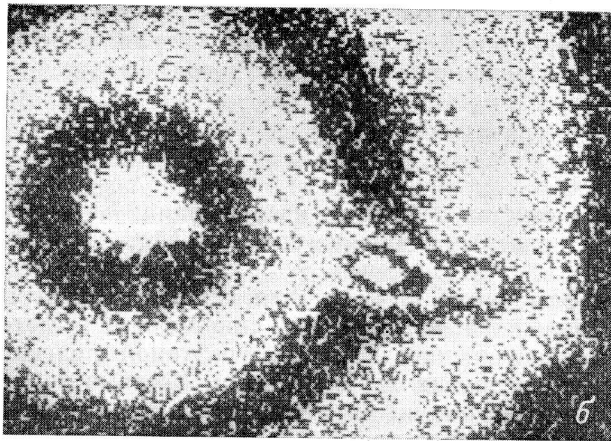
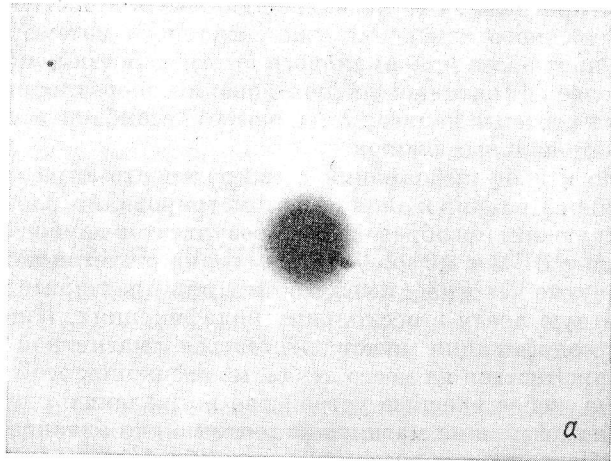
Весовые коэффициенты вычисляются сервисной программой, исходя из свойств изображения, условий его сканирования, фотоэмульсии, на которой снято изображение, а также требуемой полосы пропускания фильтра, точности и других характеристик. Весовые коэффициенты вводятся в систему оператором вручную или с заранее подготовленной перфоленты и представляют собой целые или дробные, положительные и отрицательные четырехзначные числа. В литературе описано достаточно много методов расчета самых разнообразных фильтров [2, 3]. К достоинствам обработки изображений методом свертки по сравнению, например, с методом, использующим операцию дискретного преобразования Фурье, следует отнести достаточно высокую скорость обработки при сравнительно скромных требованиях к оперативной памяти ЭВМ. Увеличение скорости обработки достигнуто еще и благодаря специально разработанному алгоритму выполнения операции свертки, учитывающему симметричность окна весовых коэффициентов.

В системе предусмотрена возможность выполнения как нерекурсивной, так и рекурсивной фильтрации.

По команде оператора система выполняет операцию дискретизации изображения, т. е. построение изоуровней. Интервалы градаций изображения, а также обозначение каждого изоуровня задаются оператором.

Управление системой осуществляется с пульта оператора в диалоговом режиме и заключается в выдаче ответов на вопросы, задаваемые системой. Пульт оператора назначается при запуске системы. Им может быть или алфавитно-цифровой дисплей VIDEOTON, или клавишное печатающее устройство CONSUL.

Вопросы, задаваемые системой оператору, касаются назначения устройств ввода и вывода информации, условий сканирования, организа-



*a* — прямой снимок галактики М 87; *б* — изденсы изображения галактики М 87; *в* — изденсы отфильтрованного изображения М 87;

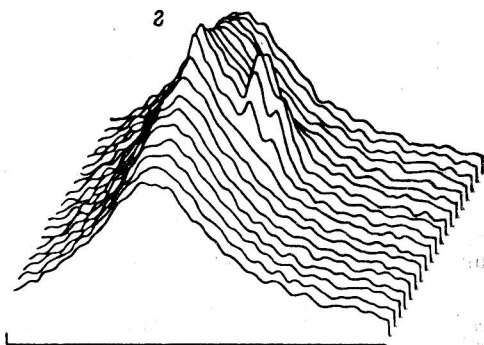
ции данных на магнитной ленте, параметров обработки и т. п. Предусмотрен контроль ошибок оператора.

В процессе работы системы с изображением автоматически формируется паспорт исследуемого объекта, в котором регистрируются все процедуры обработки данного изображения. Паспорт выводится на знакомо-зачное печатающее устройство DZM перед началом вывода результата обработки на терминал.

Вывод изображений осуществляется как на специализированные устройства: графопостроитель ВЕКТОР, электрокопировальное устройство ЭЛИКА, — так и на обычные печатающие.

Примеры обработки системой прямого снимка галактики М 87 приведены на рисунках.

Рисунок, а — прямой снимок галактики М 87, полученный на БТА в 1976 г. Ю. П. Коровяковским. Качество изображения 2'' визуально. Хорошо заметно светящаяся образова-



2 — сглаженное изображение М 87.  
(продолжение).

ние — выброс, исходящий из центральной части галактики. Деталей не видно.

Рисунок, б — изоуровни центральной части и выброса галактики М 87. Фильтрация не производилась. Видно несколько деталей выброса, изображение сильно зашумлено. Вывод на ЭЛИКУ.

Рисунок, в — исходное изображение обработано полосовым фильтром и дискретизовано. Хорошо видна структура выброса.

Рисунок, г — исходное изображение обработано цифровым фильтром низких частот и выведено на графопостроитель ВЕКТОР.

Аналогичные результаты были получены Арпом и Лорре [4] при обработке этого же объекта.

При разработке автоматизированной системы обработки панорамных изображений автором были использованы программы ввода информации с АМД-1 и межпроцессорной связи М400—Э100И, разработанные сотрудниками ВЦ САО И. И. Назаренко и В. С. Шергиным.

В заключение следует отметить, что обработка панорамных изображений не является единственной возможностью системы. Так, фильтрация спектров есть частный случай для системы; с ее помощью можно обрабатывать сигналы любой природы (например, с многоканальных сканеров и др.), двоичный код информации которых не превышает разрядной сетки ЭВМ М400 — 16 двоичных разрядов.

Поступила в редакцию  
18.12.79

#### Список литературы

1. Гришин М. П., Курбанов Ш. М., Маркелов В. П. Автоматический ввод и обработка фотографических изображений на ЭВМ. М., «Энергия», 1976. 152 с.
2. Kaiser J. F., Reed W. A. Data smoothing using Low-Pass digital filters. — Rev. Sci. Instr., 1977, 48, N 11, p. 1447—1455.
3. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М., «Мир», 1978. 848 с.
4. Agr H., Lorge J. Image processing of Galaxy photograph. — Astrophys. J., 1976, 210, N 1, p. 58—64.