

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС САО ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОЙ ОБРАБОТКИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ДАННЫХ. I

*О. С. Буренкова, В. П. Горошков, В. М. Гурин,
А. А. Коровяковская, Ю. П. Коровяковский, А. Ф. Назаренко,
И. И. Назаренко, В. С. Шергин*

Описаны технические средства и программное обеспечение фотометрического комплекса САО АН СССР, созданного на базе автоматического микроденситометра АМД-1 и ЭВМ М 400, СМ 4, Э100И и ориентированного на лабораторную обработку астрономических данных. Приводятся основные параметры и программные возможности комплекса.

Technical aids and software are described of the photometrical complex of SAO USSR AS created on the basis of the automatic microdensitometer AMD-1, computers M-400, SM-4, E-100I and oriented on the laboratory processing of the astronomical data. The main parameters and program possibilities of this complex are given.

После ввода в штатную эксплуатацию крупнейшего в мире 6-метрового телескопа БТА в САО АН СССР резко возрос поток астрономических данных и в связи с этим возникла необходимость быстрой и высокоточной обработки этой, зачастую уникальной информации. Для решения задач, связанных с обработкой астрономической информации, поступающей из приемных устройств БТА, в 1978 г. в САО был установлен автоматический микроденситометр АМД-1. Однако малый объем оперативной памяти управляющей ЭВМ М 400, отсутствие внешних устройств для накопления, документирования и визуализации информации, отсутствие специализированного математического обеспечения, делали малоприменимым использование установленного оборудования для обработки астрономических данных. В процессе создания фотометрического комплекса была проведена модернизация микроденситометра с целью улучшения его параметров, доукомплектация его внешними устройствами и ЭВМ, разработаны управляющие и обрабатывающие программы. В настоящей статье кратко описаны технические характеристики и основные возможности программного обеспечения фотометрического комплекса.

Структура фотометрического комплекса. При разработке архитектуры фотометрического комплекса была выбрана многопроцессорная структура, базирующаяся на ЭВМ различной производительности и функционального назначения. Такой подход обеспечивал оптимальное использование аппаратных возможностей комплекса, полную загрузку его составных частей, позволял проводить быструю реконфигурацию системы. В зависимости от конкретной задачи в распоряжение экспериментатора могли быть выделены либо все ресурсы системы (монопольный режим), либо их часть (параллельная работа нескольких пользователей). Блок-схема технических средств комплекса приведена на рис. 1. Функционально аппаратные средства можно разделить на три части: автоматический микроденситометр 1, управляемый ЭВМ М 400 (2), через линию связи 3, процессор вывода ЭВМ Э100И (4), обрабатывающий процессор СМ 4 (15). Автоматический микроденситометр выполняет сканирование и оцифровку оптической плотности исследуемого объекта, записывает результаты измерений в память ЭВМ. Для улучшения точностных характеристик АМД была проведена модернизация узла механического привода стола по оси X и установлено дополнительное отсчетное устройство. Точка приложения силы,

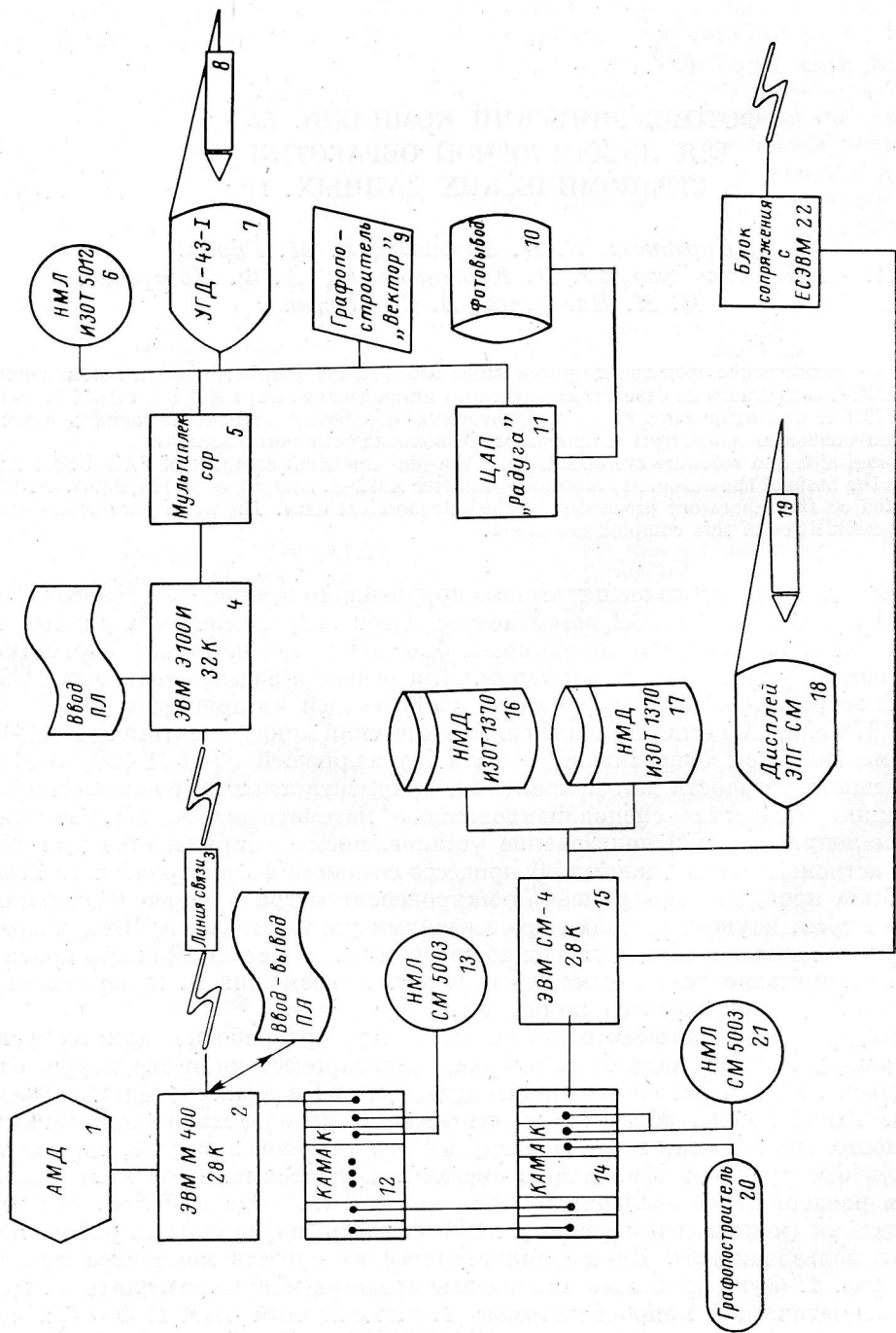


Рис. 1. Блок-схема технических средств фотометрического комплекса САО.
 Описание и назначение отдельных блоков см. в тексте.

обеспечивающей перемещение каретки по оси X , и привод дополнительного отсчетного устройства были установлены в соответствии с принципом Аббе на линии с объективом фотометрического тракта. Штатный аналогово-цифровой преобразователь Ф-733/1 был заменен на более надежный и точный АЦПМ-1. Технические характеристики микроденситометра после модернизации приведены ниже:

Размер обрабатываемого изображения, мм	150×170
Минимальный шаг сканирования, мкм	5
Скорость сканирования, мм/с:	
большая	5
малая	0.33
Пределы измерения оптической плотности	0—4
Минимальный шаг дискретизации оптической плотности	0.01
Точность измерения оптической плотности	±0.01
Координатная погрешность на базе 150 мм, в мкм	±5

Управляющая ЭВМ М 400 дополнительно оснащена блоком сопряжения с аппаратурой КАМАК (12) и системой записи информации на магнитную ленту 13.

Вторая часть комплекса — процессор вывода ЭВМ Э100И — предназначена для оперативного просмотра снимаемой информации и записи ее на магнитную ленту 6. Через интерфейс 3, разработанный Б. И. Левитаном, процессор вывода подключен к ЭВМ М 400. К процессору вывода подключены графический дисплей 7, высокоточный планшетный графопостроитель 9. Для вывода и просмотра двумерных изображений было разработано и изготовлено фотозаписывающее устройство 10, подключенное к ЭВМ Э100И через блоки «Радуга» 11 и позволяющее вывести на фотопленку обработанное изображение размером до 1000×1000 отсчетов с линейным разрешением около 0.1 мм. На экране графического дисплея экспериментатор может контролировать процесс съема информации, проводить в случае необходимости ее коррекцию. Отдельные сканы можно документировать в удобном для пользователя масштабе на высокоточном графопостроителе «Вектор». В случае автономного использования процессора вывода входная информация должна быть введена в ЭВМ либо с магнитной ленты, либо с перфоленты.

Для отладки обрабатываемых программ, обработки информации в режиме on-line и для работы с сервисными программами предназначена третья часть комплекса. ЭВМ СМ 4, оснащенная двумя дисковыми емкостями с суммарной емкостью 10 Мгб, универсальным графическим дисплеем ЭПГ СМ (18) со световым карандашом 19, соединена линией связи через блоки КАМАК с ЭВМ М 400. Дополнительно к ЭВМ СМ 4 подключен рулонный графопостроитель 20 и накопитель на магнитной ленте для организации обмена информацией между ЭВМ.

В том случае, если для выполнения какой-либо задачи ресурсов комплекса не хватает (сложная обработка больших матриц), имеется возможность через блок сопряжения 22 перебросить эту информацию в мощную ЭВМ ЕС 1035 и проводить ее обработку вне комплекса.

Программное обеспечение комплекса. Турбулентность атмосферы, несовершенство оптики телескопа и светоприемной аппаратуры, собственные шумы приемника искажают полезную информацию при проведении астрофизического эксперимента. Поэтому первая задача, с которой сталкивается астроном-экспериментатор, состоит в необходимости устранения аппаратных искажений, максимальном ослаблении шумов приемника и, если имеется возможность, в учете и редукации атмосферных искажений.

Разработанные методы улучшения, или, как принято говорить, реставрации изображения, позволяют улучшить угловое разрешение снимков небесных объектов в 2—3 раза [1], уверенно выявлять слабосветящиеся малоконтрастные детали на снимках и в спектрах с помощью методов цифровой фильтрации [2, 3], быстро и точно проводить необходимые процедуры по устранению аппаратных искажений, нелинейности светоприемников и т. д. [4].

При разработке математического обеспечения комплекса были реализованы основные процедуры, встречающиеся при обработке астрономических данных.

Кроме того, были написаны сервисные программы, обеспечивающие работу периферийных устройств и АМД, тестирование аппаратуры, проведение вспомогательных расчетов.

Структура программного обеспечения приведена на рис. 2 и 3. При разработке МО основное внимание уделялось удобству работы с программами, их универсальности, эффективности, высокой точности и быстродействию. Как правило, каждая программа обеспечивалась диалоговыми средствами, с помощью которых ее можно настроить на режим, наиболее удобный для конкретного пользователя.

Блоки (2.1), обеспечивающие съем и документирование информации с АМД, позволяют сканировать с произвольным шагом звездные спектры, спектры сравнения, калибровочные шкалки, панорамные изображения, ЭОП-ные спектры, искаженные S -дисторсией. Траекторию сканирования в последнем случае можно задавать или определять автоматически в процессе сканирования. Буферизация снимаемой информации производится на магнитных лентах или дисках под управлением соответствующих программ 2.5. С помощью дисплейных программных блоков осуществляется контрольный просмотр данных на экране дисплея в режиме on-line. В систему 3.1 включены также программы перекодировки и визуализации на графопостроителе спектральной информации, полученной на телевизионном сканнере САО. Блок-схема пакета программ для предварительной обработки звездных спектров приведена на рис. 3. Более подробное описание этой системы можно найти в [4]. Разработанное математическое обеспечение позволяет переводить оптическую плотность спектра в интенсивности (4.2), строить дисперсионную кривую (4.3) и приводить номер отсчета в однозначное соответствие с длиной волны, выполнять цифровую фильтрацию спектров с целью устранения высокочастотных шумов фотоэмульсии и выделения слабых спектральных линий (4.4), проводить уровень непрерывного спектра (4.5). Блоки 4.6 и 4.7 выполняют полную обработку спектра и производят расчет основных физических параметров отдельных спектральных линий. В систему для обработки спектров включены также дополнительные программные блоки интерполяции, аппроксимации, расчета импульсных характеристик цифровых фильтров, процедуры быстрого преобразования Фурье, вычисления спектральной мощности отдельных сканов и т. д. (6).

Математическое обеспечение, ориентированное на обработку снимков небесных объектов, описано в [1, 3]. Обработка изображений цифровыми фильтрами с малым размером импульсной характеристики и малым числом отсчетов (до 128×128) выполняется на ЭВМ М 400 и СМ 4. Большие матрицы изображений с размерностью до 1024×1024 отсчетов записываются на магнитную ленту и обрабатываются на мощной ЭВМ ЕС 1035 с использованием процедуры двумерного быстрого преобразования Фурье (5.6). В процессе обработки изображений можно оперировать с информацией как в плотностях, так и в интенсивностях, перевод в которые можно проводить с помощью блоков 4.3 и 5.6. Для расчета импульсной и частотной характеристики цифровых фильтров написаны сервисные программы 5.2, с помощью которых можно рассчитать фильтры низкой частоты с заданными параметрами, реставрирующие винеровские фильтры, строить на графопостроителе трехмерное изображение их частотных характеристик. В системе также предусмотрена возможность учета неравномерности фона при обработке изображений (5.4), построения изоуровней исходного и обработанного изображения, вычисления объема (энергии), заключенного в заданном изоуровне.

Заключение. Созданные аппаратные и программные средства ускоряют обработку астрономических данных, значительно повышают ее точность за счет использования методов цифровой фильтрации, уверенно выявляют на снимках небесных объектов малоконтрастные детали при уровнях сигнала, близких к уровню шума. Использование реставрирующих винеровских фильтров улучшает угловое разрешение снимков в 2—3 раза, что существенно расширяет возможности экспериментатора при морфологическом исследовании спиральной или многоядерной структуры галактик, детальном исследовании выбросов, перемычек и мостов, встречающихся во взаимодействующих галактиках.

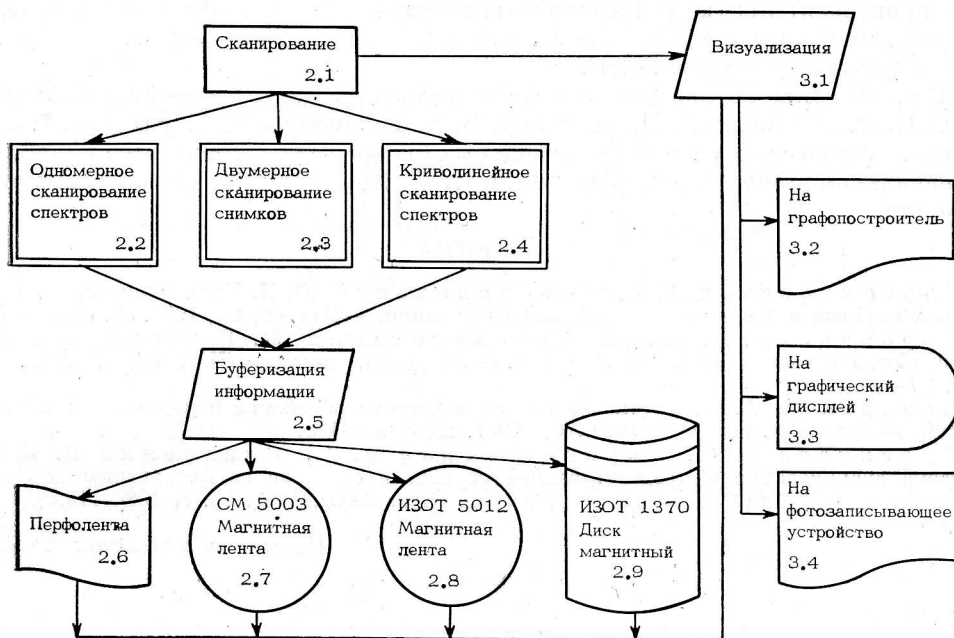


Рис. 2. Блок-схема программных средств, обеспечивающих съем информации с фотоэмульсии, буферизацию ее на магнитной ленте, визуализацию на графопостроителе и графическом дисплее.

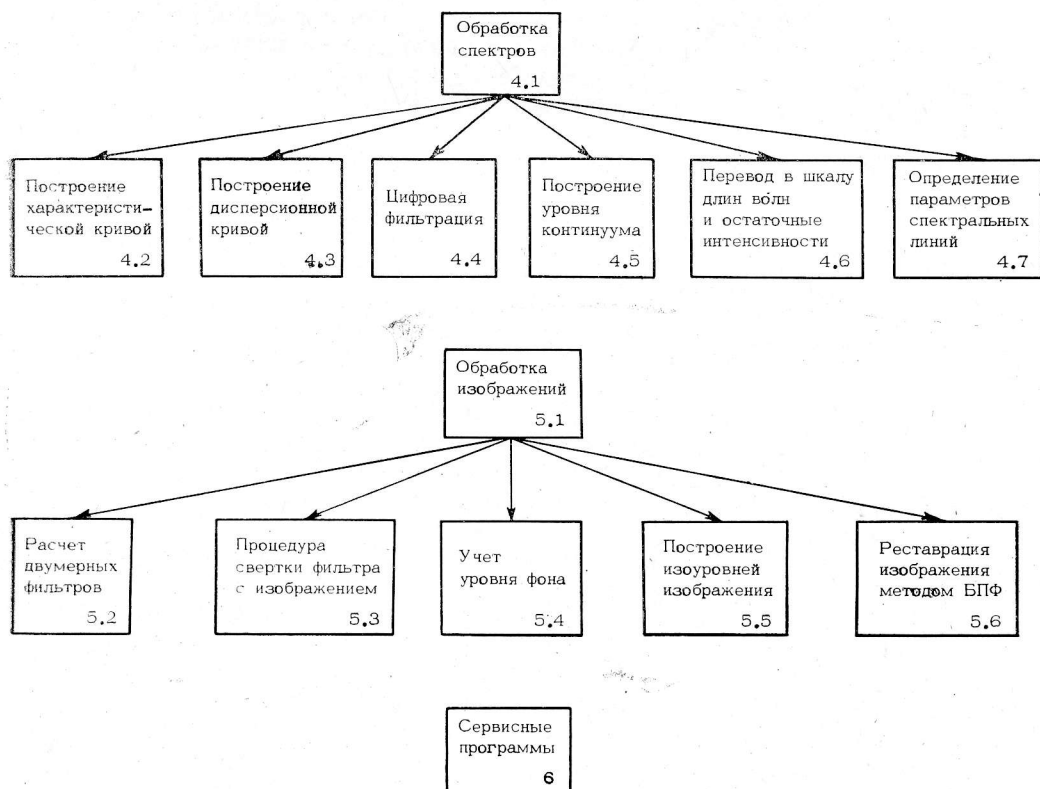


Рис. 3. Блок-схема пакета программ для обработки спектров и снимков небесных объектов.

Программные средства для обработки спектров выполняют всю рутинную и малопродуктивную работу экспериментатора, позволяют контролировать все этапы обработки, что полностью исключает внесение дополнительных ошибок в получаемые результаты.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность С. Н. Додонову, Б. И. Левитану, В. А. Тихонову и В. А. Тихоновой, принимавшим участие в разработке отдельных блоков фотометрического комплекса на начальном этапе его изготовления, и И. М. Копылову за внимание и помощь в работе.

Литература

1. Коровяковская А. А., Коровяковский Ю. П. Улучшение астрономических изображений с помощью цифровой фильтрации. — *Астрон. ж.*, 1982, 59, с. 160—173.
2. Коровяковская А. А., Коровяковский Ю. П. Автоматизированная обработка спектров небесных объектов. — *Астрофиз. исслед. (Изв. САО)*, 1982, 17, с. 47—58.
3. Назаренко А. Ф. Автоматизированная система обработки панорамных изображений. — *Астрофиз. исслед. (Изв. САО)*, 1981, 13, с. 98—101.
4. Буренкова О. С., Коровяковская А. А., Назаренко И. И. Система сканирования и предварительной обработки спектров на фотометрическом комплексе САО АН СССР. — *Астрофиз. исслед. (Изв. САО)*, 1982, 16, с. 108—115.

Поступила в редакцию 26.03.82