

МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОПТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

УДК 528.7.778.35 : 522.61 : 771.534 : 531 : 429 : 621.391 : 681.515.8

Ю. Е. НЕСТЕРИХИН

(Новосибирск)

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ *

В рамках создания типовых автоматизированных систем ИАиЭ СО АН СССР поручено обеспечение экспериментов физико-технического и биологического профиля институтов Сибирского отделения единой идеологией и средствами. Реализация таких систем должна происходить в рамках проблемно-ориентированного общепитутского комплекса АНИ на единой конструктивной, системотехнической и программной основе. Наиболее сложной проблемой оказался выбор архитектуры технических и программных средств, позволяющих успешно решать поставленные задачи.

Первым шагом на пути создания типовой структуры была стандартизация аппаратуры, занимающей промежуточное положение между экспериментальной установкой и ЭВМ (ориентация на широкое использование систем САМАС [1—3], развитие программы разработки серии модулей САМАС общего назначения, а также специализированных модулей).

Гораздо более принципиальной оказалась задача определения «глобальной» структуры комплекса, т. е. метода обеспечения взаимодействия между основными функциональными подсистемами: сбора данных и управления экспериментами; первичной обработки экспериментальных данных; вычислительным центром Института. На основе проведенного анализа и ознакомления с идеологией существующих разработок (см., например, [4]) были сформулированы основные требования к организации коммуникационной подсистемы комплекса АНИ: она должна обладать большей симметрией по сравнению с системами телеобработки, подсистема должна быть машинно-независимой и объединять как ЭВМ, так и специализированные устройства.

Ограничимся описанием системы, удовлетворяющей указанным требованиям (рис. 1).

1. Коммуникационной подсистемой разработанного в Институте комплекса АНИ является унифицированная магистральная система обмена информацией (УМСО) [5, 6] — многокрейтовая магистральная модульная система, организованная по принципам САМАС, предназначенная для обеспечения взаимодействия между «абонентами»: ЭВМ, специализированными внешними устройствами, системами сбора информации и управления и т. п. Каждый абонент представлен в УМСО уни-

* Материалы статьи докладывались на Советско-американском семинаре по оптической обработке информации (Новосибирск, 10—16 июля 1976 г.).

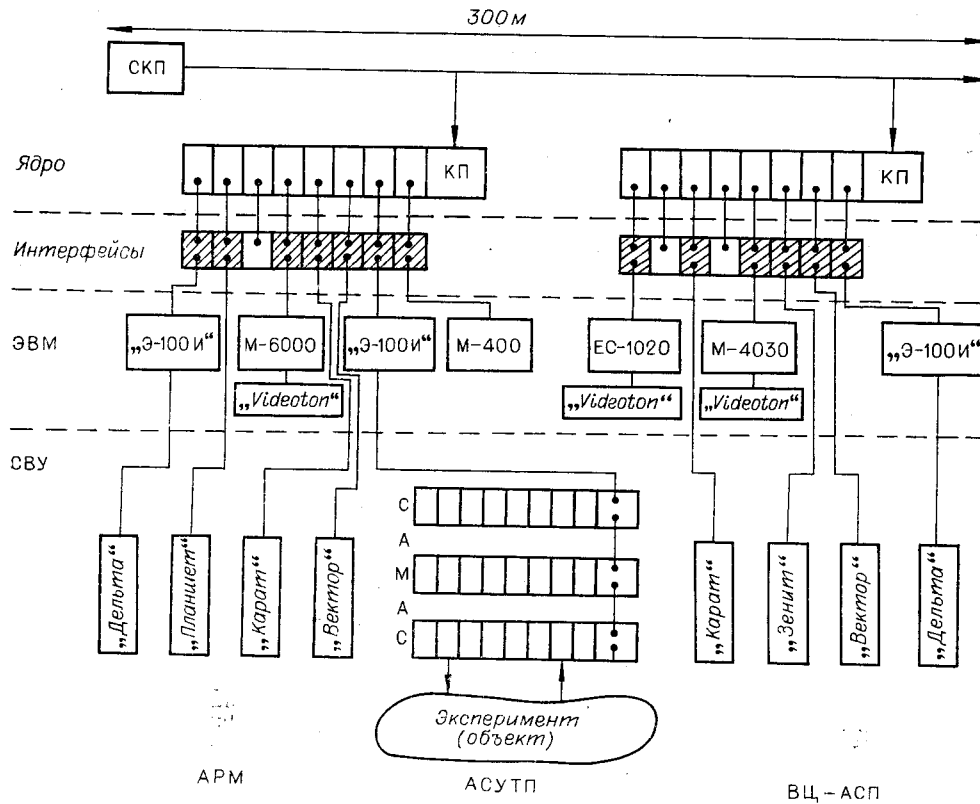


Рис. 1. Схема коммуникационной подсистемы комплекса автоматизации научных исследований:

КП — коммуникационный процессор, СКП — системный коммуникационный процессор, СВУ — специализированные внешние устройства.

фицированным абонентским контроллером (все абонентские контроллеры одинаковы), с которым он связан через абонентский интерфейс, отражающий специфику подключаемого к УМСО устройства. Информационный обмен между абонентами осуществляется с помощью соответствующих абонентских контроллеров под управлением аппаратных коммуникационных процессоров-контроллеров. Обмен ведется по 24-разрядному магистральному каналу, имеющему (внутри крейта) тактовую частоту 1 МГц. Функционирование УМСО происходит в режиме «Запрос — ответ», так что оказывается возможным «разделение времени» в магистральном канале, т. е. параллельный информационный обмен между несколькими парами абонентов. УМСО является системой с распределенным управлением: управляющие функции реализуются как аппаратными средствами (коммуникационными процессорами), так и программными (математическим обеспечением ЭВМ-абонентов).

2. За счет применения УМСО в качестве связанной подсистемы комплекса достигнут ряд целей системного характера. Прежде всего отметим, что благодаря «симметричности» системы, т. е. доступности любого абонента другому, удалось повысить эффективность использования специализированных внешних устройств, к которым обеспечен «коллективный доступ». Чрезвычайно важным обстоятельством является простота расширения комплекса: со стороны аппаратуры это обусловлено тем, что подключение к УМСО нового абонента сводится к созданию единственного абонентского интерфейса, со стороны математического обе-

спечения — тем, что для ЭВМ-абонента вся остальная часть комплекса является нестандартным внешним устройством.

Опытная эксплуатация комплекса началась в 1973 г. и подтвердила рациональность заложенных системных принципов.

3. В отношении специализированных внешних устройств ЭВМ в Институте принята преимущественная ориентация на собственные разработки, касающиеся, прежде всего, устройств ввода/вывода оптических изображений, в том числе систем графического диалога. Широко используется устройство на катодно-лучевой трубке для вывода графической и буквенно-цифровой информации на микрофильм «Карт» [13].

Большинство устройств разработано на основе мини-ЭВМ «Э-100И», посредством которой осуществляется их включение в систему (рис. 2).

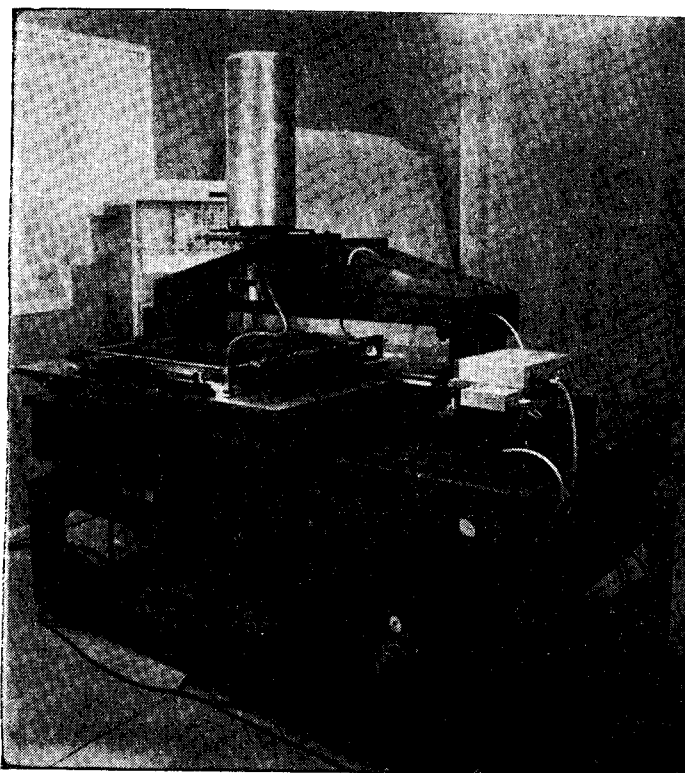


Рис. 2. Устройство для активной обработки фотографических изображений «Зенит».

За. Особо следует отметить устройство «Зенит» [14], предназначенное для обработки фотографических изображений микробиологических препаратов. Применение специальной ЭВМ и соответственно повышение роли программируемой настройки способствует быстрому анализу изображений.

Избыточность экспериментального массива соответствующего изображения определяется в конечном счете априорными данными, которые удается формализовать и использовать при обработке.

Чаще всего полезная информация локализуется на конечном числе отдельных фрагментов изображения. Такими изображениями, например, являются снимки звездного неба, треков в пузырьковых камерах; к подобному случаю приводится большинство задач анализа объектов с четкими границами. В случае гладких изображений, например интерферограмм, туманностей и т. п., полезная информация локализуется на множестве параметров аналитического описания, задаваемого в соответствии с имеющимися априорными данными. Обычно исследователь в состоянии задать более или менее легко формализуемый признак, по которому могут быть обнаружены информативные фрагменты изображения, или указать процедуру, определяющую распределение отсчетов плотности на анализируемом изображении. Развитие подобных принципов при обработке изображений приводит к значительному сокращению измерений.

Речь идет об адаптивном вводе изображения в ЭВМ, так как следует рассматривать задачу сканирования совместно с алгоритмом обработки.

Практическая реализация этого принципа потребовала развития некоторого специального подхода к созданию устройств, которые должны обеспечивать по команде ЭВМ быстрое измерение оптической плотности (или коэффициента пропускания) снимка в любой весьма малой области с известными координатами. Результат измерения должен поступать непосредственно в процессор ЭВМ для проведения вычислений. Нами был выбран формат снимка 500×500 мм²; для точного измерения координат применены в качестве датчиков лазерные интерферометры с дискретностью отсчета 0,32 мкм. Это же устройство используется в качестве «пишущего» при оснащении соответствующими оптическими узлами и носителями информации. Например, оно может быть использовано как оптическое ЗУ архивного типа. Для получения высокого быстродействия в сканирующем устройстве первого уровня применена электронно-лучевая трубка, световое пятно которой может занимать любое из 4096×4096 положений по команде ЭВМ. Свет с экрана ЭЛТ фокусируется в плоскости снимка с помощью сменной оптической системы. Прошедший через фотографический материал свет регистрируется фотоумножителем, одновременно производится измерение интенсивности излучаемого экраном света. В зависимости от типа используемых объективов световым пятном ЭЛТ возможно произвольно сканировать на снимке фрагмент размером от 3×3 до 1×1 мм² и менее. Рабочий диаметр пятна в плоскости фокусировки около 2 мкм. Фокусировка достигается следящей пневматической системой юстировки объектива. Работа на всей площади изображения обеспечивается совместными действиями ЭЛТ и системы электромеханического перемещения каретки. Перемещения каретки с изображением на расстоянии в 150 мкм и более происходят в режиме «Разгон — торможение» с ускорением порядка 3 м/с². Такой режим используется для быстрого перехода с одного фрагмента изображения на другой, скорость каретки может достигать до 1 м/с. Перемещение на расстояние меньше 150 мкм производится с меньшим ускорением с помощью нелинейной цепи обратной связи. Переход на максимальное расстояние и остановка в заданном положении происходит за время порядка 1 с. Все вычислительные операции, необходимые для управления двигателями, осуществляются специализированным устройством на основе ЭВМ М-400. Возможно движение каретки по любой кривой. Минимальная скорость равномерного перемещения составляет 5 мкм/с. В устройстве применены линейные двигатели постоянного тока.

Совместное действие электронно-оптической и механической систем сканирования создает определенные практические удобства, несмотря на наличие двух систем отсчета и необходимость введения двух систем координат. Специальная программа позволяет автоматически вычислять элементы матрицы преобразования, уточнять масштабные коэффициенты и учитывать углы между осями координат, измерять дисторсию оптической системы, получать оценку диаметра сканирующего светового пятна и распределение света в нем. Кроме того, программным путем достигается измерение кривизны механических направляющих каретки и угла между ними. Сканирование и построение изображений может осуществляться во время движения каретки.

Практическое использование системы потребовало разработки специального математического обеспечения. Определены машинные команды, обеспечивающие необходимую связь ЭВМ со всеми основными функциональными блоками. Предусмотрено достаточное количество резервных команд для управления дополнительными узлами и приспособлениями. Программирование ведется на языке ФОРТРАН. В настоящее время имеется более 50 программ. В их числе — программы, выполняющие анализ погрешностей, подпрограммы тестирования электронных и электромеханических узлов, программы, задающие различные режимы движения каретки.

Разработан специальный пакет программ для анализа астрономических снимков неба. В него входят программы измерения уровня вуали и ее статистических характеристик, поиска изображений звезд на снимке, автоматического отождествления изображений звезд с данными звездного каталога, оценивания координат центров звезд и звездных величин, распознавания изображений звезд, двойных звезд, галактик и туманностей.

С целью оценки возможностей «Зенита» разработаны программы измерений и поиска дефектов на фотошаблонах интегральных микросхем, в которых широко используется адаптивный метод сканирования в сочетании с априорными сведениями о характере возможных дефектов.

Применение специальной оптики позволило перейти к непосредственному сканированию микробиологических объектов. Устройство поз-

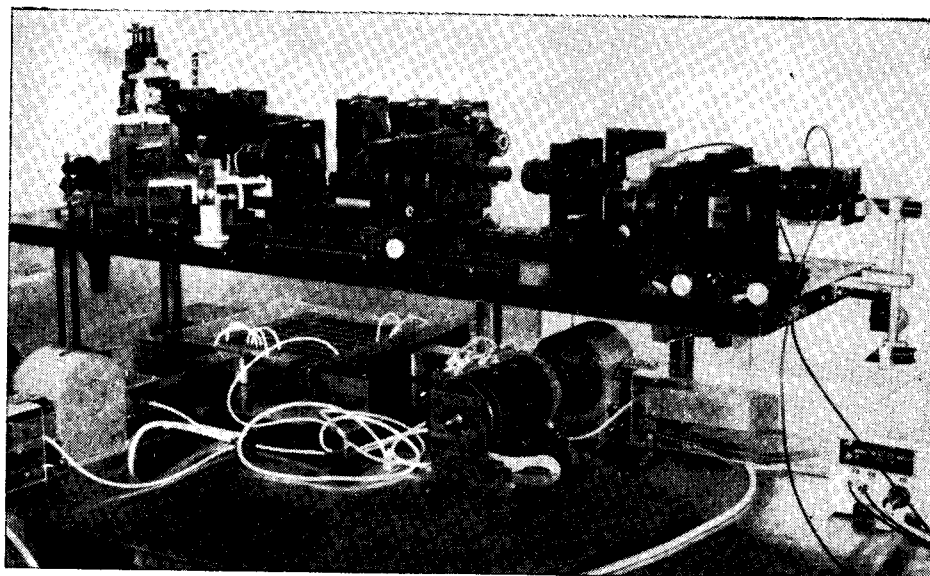


Рис. 3. Голограммное запоминающее устройство.

воляет уверенно выделять детали внутри ядра клетки и производить необходимые измерения [15].

Это же устройство, оснащенное аргоновым газовым лазером в качестве «пишущего» инструмента, используется для построения синтезированных фазовых голограмм и киноформов на фотоматериалах [16] (рис. 3). Интенсивность лазерного излучения контролируется ЭВМ, которая производит все необходимые для построения расчеты, в том числе и коррекцию нелинейности модулятора света и чувствительности фотоматериала.

По нашему мнению, реализованная структура комплекса АНИ является наиболее удачной для развития экспериментов по созданию гибридных оптико-электронных систем обработки данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. E U R 4100 c. CAMAC. A modular instrumentation system for data handling. Revised description and specification. ESONE Committee, 1972.
2. E U R 4600 e. CAMAC. Organisation of multi-crate systems specification of the branch highway and CAMAC crate controller type A. ESONE Committee, 1972.
3. E U R S100 e. CAMAC. A modular instrumentation system for data handling. Specification of amplitude analogue signals. ESONE Committee, 1972.
4. "Computer Communications. Proceeding of the IEEE", 1972, vol. 60, N 11 (Special Issue).
5. Нестерихин Ю. Е., Гинзбург А. Н., Золотухин Ю. Н., Искольдский А. М., Лившиц З. А., Постоевко Ю. К. Организация систем автоматизации научных исследований (проблемы, методы, перспективы).— «Автометрия», 1974, № 4, с. 3—9.
6. Бобко В. Д., Золотухин Ю. Н., Крендель Ю. М., Лившиц З. А., Ян А. П. Магистральная система обмена информацией.— «Автометрия», 1974, № 4, с. 9—19.
7. Долговесов Б. С., Ковалев А. М., Котов В. Н., Лубков А. А., Нестерихин Ю. Е., Обертышев К. Ф., Токарев А. С. Система «Экран» для графического взаимодействия человека с ЭВМ.— «Автометрия», 1971, № 4, с. 3—11.
8. Ковалев А. М., Котов В. Н., Лубков А. А., Токарев А. С. Графический дисплей «Дельта».— «Автометрия», 1974, № 4, с. 61—67.
9. Бабат Е. Г., Долговесов Б. С., Израйлев Ф. М. Использование диалогового графического терминала «Экран» для решения прикладных задач.— «Автометрия», 1972, № 6, с. 100—103.
10. Боковников Ю. Г., Родионов Ю. И. Использование разговорной машинной графики в задаче анализа аэродинамических характеристик крыльев.— «Автометрия», 1974, № 4, с. 121—123.
11. Гинзбург А. Н., Емельянов Э. Л., Иванов В. В., Кашеев К. П., Котельников К. В., Кузнецов В. И., Логинов А. В., Лукашенко А. П. Графопостроительная система «Вектор» и ее применение при машинном проектировании.— «Управляющие системы и машины», 1974, № 5, с. 96—100.
12. Александров В. М., Громилин Г. И., Карлсон И. С., Карлсон Н. Н., Касторский Л. Б., Кузнецов А. С., Литвинцев В. И., Ляпунов М. М., Покровский Н. И. «Планшет» — устройство ввода-вывода графической информации.— «Автометрия», 1976, № 1, с. 47—51.
13. Авдеев В. С., Васьков С. Т., Мамонтов Г. М., Обидин Ю. В., Поташников А. К., Ткач С. Е. «Карт» — устройство вывода графической и буквенно-цифровой информации из ЭВМ на микрофильм.— «Автометрия», 1976, № 1, с. 33—38.
14. Бурый Л. В., Коронкевич В. П., Нестерихин Ю. Е., Нестеров А. А., Пушной Б. М., Ткач С. Е., Щербаченко А. М. Прецизионный фотограмметрический автомат.— «Автометрия», 1974, № 4, с. 83—89.
15. Андрианов Л. А., Киричук В. С., Косых В. П., Чейдо Г. П. Автоматический анализ цитограмм.— «Автометрия», 1977, № 3, с. 108—114.
16. Коронкевич В. П., Меерсон А. Е., Ремесник В. Г., Чейдо Г. П., Щербаченко А. М. Синтез киноформов в реальном масштабе времени.— «Автометрия», 1977, № 2, с. 29—38.

Поступила в редакцию 26 июля 1976 г.