

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

Б 833

P10-88-283

**В.П.Бородюк, А.И.Вагин, Н.Н.Говорун, Ю.Е.Голяс,
М.Г.Мещеряков, Г.К.Круг, А.Ф.Селихов,
В.Н.Шкунденков**

**ЦЕНТР КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ
ОБРАБОТКИ ФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ**

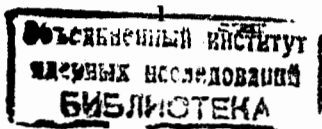
Направлено в Оргкомитет IV Всесоюзного семинара
по обработке физической информации, Ереван, 1988 г.

1988

В 60-х и 70-х годах получили широкое распространение работы по созданию автоматизированных сканирующих систем, предназначенных для обработки фотоснимков (фотоизображений) с трековых камер в экспериментальной физике высоких энергий. Эти работы велись в основном по двум направлениям, характеризующимся способом считывания информации со снимков, - оптико-механическим и электронным. К первому направлению относятся устройства типа НРР^{1/1} и Spiral Reader^{2/1}, ко второму, - где применение гибкой в управлении электронно-лучевой трубки для измерения информации (путем просвечивания снимков) сделало возможным разнообразить поиск, - устройства типа PEPR^{3/1}, POLLY^{4/1}, АЭЛТ-1^{5/1}, ERASME^{6/1}, АЭЛТ-2/160^{7/1}, МЭЛАС^{8/1} и др.

Достоинством оптико-механических сканирующих устройств является возможность простыми методами обеспечить высокие измерительные характеристики - точность измерений координат и разрешающую способность (определяется размером светового пятна, с помощью которого ведется измерение информации). Поэтому первыми были построены именно такие устройства. Их применение в середине 60-х годов для массовой обработки фотоснимков с трековых камер выявило проблему обеспечения высокой эффективности обработки в режиме автоматического измерения и распознавания треков. Выяснилось, что теряемая при обработке средних по сложности снимков с пузырьковых камер часть информации (типично до 20-30%) не просто снижает статистику обработки и тем самым ухудшает точность выходных статистических данных, но во многих случаях ведет к появлению недопустимых систематических погрешностей.

Выход из этой затруднительной ситуации был найден во введении в работу системы человека-оператора, которому поручается доработывать то, с чем не справляется ЭВМ. Так в 1968 году появилась первая диалоговая сканирующая система POLLY^{4/1}. Эта система, однако, была построена уже на основе применения управляемой от ЭВМ электронно-лучевой трубки, что позволило сканировать изображения на снимках по выбираемым программой участкам (с прослеживанием измеряемого и распознаваемого трека или другого образа) и оказывать по-



мощь ЭВМ со стороны оператора непосредственно в месте возникновения того или иного затруднения.

Большие преимущества сканирующих систем на основе ЭЛТ, однако, не позволяли еще вытеснить оптико-механические устройства ввиду того, что использование электронно-лучевой трубки не обеспечивало столь же высоких измерительных характеристик. С помощью НРД/1/ обрабатывались снимки размером 70x170 мм при разрешающей способности 20 мкм, точность измерений координат составляла 2-3 мкм. Устройства на ЭЛТ значительно уступали по этим показателям.

Но с созданием в первой половине 70-х годов устройств ERASME/6/ и АЭЛТ-2/160 /7/, где указанные проблемы были решены, измерительные характеристики при использовании ЭЛТ были выведены на указанный уровень. С этого времени предпочтение отдается устройствам на ЭЛТ, обладающим гибким сканированием.

В 1970 году появилось оптико-механическое сканирующее устройство Sweepnik^{19/}, в котором с помощью легких зеркал, вращаемых в магнитных полях, было организовано управляемое сканирование. При этом в качестве источника сканирующего светового пятна был использован лазер, что обеспечило из-за его большой яркости значительно лучшее, чем при использовании ЭЛТ, соотношение сигнал/шум в измерительном канале. Однако гибкость в управлении сканированием у Sweepnik оказалась заметно ниже, чем у ЭЛТ. Поэтому эти две направления стали развиваться параллельно, взаимно дополняя друг друга.

В процессе проведения этих работ было показано, что устройства типа Sweepnik позволяют обрабатывать фотоизображения с оптической плотностью до $4D^{10/}$. Верхний предел для устройств на ЭЛТ ограничен величиной $(2-3)D^{11/}$.

С другой стороны, было показано, что устройства на ЭЛТ имеют большое преимущество при применении управляемого сканирования, особенно ярко выраженное при обработке полутоновых изображений. Реализованная в АЭЛТ-2/160 возможность предельно гибкого поточечного управления сканированием^{11/} позволила резко снизить требования к мощности (объему памяти) управляющей ЭВМ и затраты времени на сканирование. Так, при шаге сканирования 2 мкм с изображения размером 20x30 мм при сплошном (растровом) считывании данных потребовалось бы разместить в памяти результаты измерений от $10000 \times 15000 = 150 \cdot 10^6$ точек (из расчета примерно 5 байт на каждую точку). При поточечном режиме сканирования типично требуется память для размещения результатов измерений всего лишь от 1 до 100 точек.

Менее гибкий Sweepnik позволяет успешно измерять полутоновую информацию строками (типично 100-10000 измерений на строке). Режим же единичных измерений для Sweepnik менее выгоден, поскольку в этом случае измерения выполняются примерно в 100 раз медленнее, чем при использовании ЭЛТ (см. ниже).

В 70-х и 80-х годах стали широко проводиться исследования по использованию для считывания информации приборов с зарядовой связью (ПЗС-матрицы). У этого направления большое будущее, однако чтобы заменить ЭЛТ для обработки снимков размером 70x140 мм с шагом между соседними точками 2 мкм - характеристики АЭЛТ-2/160, - потребуется создать матрицу из $35000 \times 70000 = 2,5 \cdot 10^9$ элементов. Сегодня, однако, даже создание матрицы из 10^7 элементов является всего лишь перспективной задачей. По-видимому, для прецизионных измерений полутоновых фотоизображений сканирующие устройства на ЭЛТ надолго заняли прочные позиции.

Наконец, рассмотрим проблему разработки программного обеспечения. Введение человека-оператора в работу системы^{14/} позволило существенно упростить решение этой задачи, хотя в этом случае системы работают медленнее. Поэтому, чтобы диалоговые системы обладали высокой производительностью, для них все же создается достаточно сложное программное обеспечение, которое позволяет свести к минимуму привлечение человека к работе. Как показал опыт, требуются затраты примерно 20-30 человеко-лет, чтобы создать программы. Реально это требует организовать совместную работу группы квалифицированных программистов в течение нескольких лет, что оказывается на практике достаточно сложно.

Решая данную проблему, мы исследовали другой путь построения высокопроизводительных систем^{12/}. Вместо того, чтобы создавать предельно развитое программное обеспечение для вытеснения человека из работы системы, мы пошли по пути повышения производительности труда человека, для чего был разработан комплекс специальных скоростных средств диалога. Нам удалось поднять производительность труда человека в целом в 2-3 раза, что было использовано для снижения требований к сложности разрабатываемого программного обеспечения. Это позволило нам существенно сократить сроки создания действующих систем.

В настоящее время особое внимание мы придаем исследованиям и разработкам в трех направлениях:

- по созданию программного "инструментария", содержащего стандартную базовую часть (передача управления, хранение данных) и развитый набор независимо создаваемых (этому придается особое значение) исполнительных модулей;

- по созданию новых скоростных средств диалога; при этом мы идем по пути расчленения задачи диалога на составные части, и для решения каждой из этих частей строим специализированные устройства (типа дисплея-телевизора^{/13/} и др.);

- по наращиванию мощности управляющей ЭВМ до уровня, соответствующего производительности 3-5 млн операций в сек (при 16-рядном процессоре) и оперативной памяти 2-4 Мбайт^{/12/}.

В 70-х годах проявилась тенденция использования сканирующих систем, построенных в ядерно-физических центрах, в смежных прикладных областях - медицине, биологии, метеорологии и др. В частности, в 1978 году для ЦАГИ была создана система типа АЭЛТ-1^{/14/}, которая использовалась для обработки графиков полетной информации на 35-мм киноплёнках. При этом выявились проблемы эффективного решения новых (незнакомых ранее по постановке) задач и подготовки специалистов для обслуживания и сопровождения сложных систем. Это обусловило поиск новых форм внедрения в смежные области, которые привели к целесообразности организации на договорной основе многостороннего сотрудничества между ОИЯИ, МЭИ, ЦАГИ и МРТИ АН СССР в вопросах методики, охватывающей задачи автоматизированной обработки фотоизображений.

В 70-х годах в ОИЯИ построена диалоговая сканирующая система на электронно-лучевой трубке АЭЛТ-2/160^{/7,11,12,15,16/}, обладающая уникально высокими измерительными характеристиками. При этом в значительной мере были использованы компоненты и элементная база западных фирм. В 1985 году в Московском энергетическом институте был создан аналог этой системы на элементах советского производства, получивший название АЭЛТ-МЭИ^{/17/}. Система АЭЛТ-МЭИ обладает следующими характеристиками:

- рабочее поле измеряемых фотоизображений 70x130 мм;
- разрешающая способность лучше 20 мкм;
- точность измерений координат 4-5 мкм;
- повторяемость измерений коэффициента пропускания равна 1,5-2% при обработке полутоновых фотоизображений в диапазоне оптической плотности до 2D;
- сканирование ведется строками или точками, положением которых управляет ЭВМ;
- скорость сканирования по строке 2 мкм/мкс, затраты времени на измерения в одной точке порядка 100 мкс;
- в состав диалоговых средств входят: дисплей-монитор со скоростным световым карандашом, скоростная многофункциональная

клавиатура, цветной обзорный дисплей, символьный дисплей и оптический экран;

- управляющая ЭВМ СМ-1420.

Диалоговые сканирующие системы АЭЛТ-2/160 и АЭЛТ-МЭИ установлены в ОИЯИ и МЭИ и используются для задач организаций - участников сотрудничества, которое фактически приняло форму центра коллективного пользования (типа единого научно-производственного отдела с многосторонним подчинением). Для поддержки работы этих систем в ОИЯИ создаются просмотрово-измерительные столы типа АИСТ^{/21/}, разработанные в Институте теоретической и экспериментальной физики (Москва).

В настоящее время с помощью систем АЭЛТ-2/160 и АЭЛТ-МЭИ ведется массовая обработка снимков с магнитного искрового спектрометра ОИЯИ и опытные измерения снимков с релятивистского ионизационного спектрометра со стримерной камерой (исследуется возможность измерения ионизации), измеряются киноплёнки ЦАГИ с графиками полетной информации и полутоновые фотоизображения в задачах ЦАГИ и МРТИ АН СССР^{/18,19,20/}. По своим характеристикам указанные системы позволяют выполнять массовую прецизионную обработку штриховых (черно-белых) и полутоновых фотоизображений с диапазоном оптической плотности до (2-3)D в самых различных областях - физике высоких энергий, авиации, медицине, биологии, метеорологии, астрофизике, космических исследованиях и др.

В сотрудничестве сторон входит решение следующих задач:

- разработка технических и программных средств сканирующих систем на основе ЭЛТ для автоматизированной обработки различных фотоизображений;
- обеспечение обработки фотоизображений для организаций - заказчиков;
- подготовка кадров специалистов;
- сопровождения создаваемых для заказчиков систем.

Литература

1. Hough P.V., Powell B.W. Nuovo Cimento, 1960, 18, p. 1184.
2. Alvarez L.M. Results Obtained with the Spiral Reader. Informal Meeting on Track Data Processing, CERN, 62-67, Geneva, 1962.
3. Fless I., Rosenson L. Proposal to the U.S. Atomic Energy Commission for the Development of a Precision Encoder and Pattern Recognition Device (PEPR) in the MIT Laboratory for Nuclear Science, February, 1961.

4. Allison W.W. et al. Automatic Scanning and Measurement of Bubble Chamber Film on POLLY II. Nuclear Instr. and Meth., 1970, 84, p. 129.
5. Burov A.S. et al. AELT-1 and AELT-2 CRT Scanning Devices. Oxford Conference on Computer Scanning, Oxford, 1974, p. 111.
6. Gouache J.C. Description and Status Report of the ERASME System. Oxford Conference on Computer Scanning. Oxford, 1974, p. 11.
7. Беренчук М.К. и др. Мониторный сканирующий автомат АЭЛТ-2/160. ОИЯИ, Р10-8861, Дубна, 1975.
8. Жигунов В.П. и др. Структура и функциональные возможности автомата на ЭЛТ "МЭЛАС". Семинар по обработке физической информации, Агверен, 1975. Изд-во ЕрФИ, Ереван, 1976, стр. 293.
9. Frish O.R. et al. Sweepnik II. International Conference on Data Handling System in High-Energy Physics. Cavendish Laboratory, Cambridge, 1970, p. 285.
10. Бабякин А.В., Вегин А.И. Лазерно-зеркальные сканаторы в системе обработки графической информации. Тезисы докладов Всесоюзного совещания "Диалоговые вычислительные комплексы". Изд. ИФВЭ, Протвино, 1979.
11. Лапчик Э.Д., Шкунденков В.Н. О возможности измерения снимков с полутоновой информацией на сканирующем автомате АЭЛТ-2/160. Тезисы докладов I Всесоюзной конференции "Автоматизированные системы обработки изображений". Наука, Москва, 1981, стр. 133.
12. Бородин В.П., Шкунденков В.Н. Диалоговые сканирующие измерительные системы. ОИЯИ, Р10-85-744, Дубна, 1985.
13. Ljuslin C., Wolles J.C. Graphic Refresh Display with Video Overlay. CERN/ERASME Note 75-1, 1975.
14. Аляков А.В. и др. Автоматизированная система обработки полетной информации. Труды 2-го Всесоюзного семинара по обработке физической информации, Ереван 1977. Изд-во ЕрФИ, Ереван, 1978, с. 538.
15. Бэйла И. и др. Система обработки снимков с установки МИС на сканирующем автомате АЭЛТ-2/160. ОИЯИ, Р10-80-430, Дубна, 1980.
16. Беренчук М.К. и др. Управление сканированием в измерительной системе АЭЛТ-2/160 на линии с ЭВМ СМ-4. ОИЯИ, IO-83-538, Дубна, 1983.
17. Беренчук М.К. и др. Диалоговая сканирующая измерительная система на ЭЛТ для обработки полутонových изображений. Тезисы до-

- кладов 2-й Всесоюзной конференции "Автоматизированные системы обработки изображений", Львов. Изд. Наука, Москва, 1986, с.242.
18. Брежко В.Н. и др. О возможности обработки цветных полутонových фильмов на автомате АЭЛТ-2/160. ОИЯИ, Р10-87-79, Дубна, 1987.
19. Иванов В.В. и др. Обработка фильмов в тепловом эксперименте ЦАГИ на автомате АЭЛТ-2/160. ОИЯИ, Р10-87-80, Дубна, 1987.
20. Беренчук М.К. и др. Распознавание полутонových интерферограмм методом "скольжения". Тезисы докладов 2-й Всесоюзной конференции "Автоматизированные системы обработки изображений", Львов. Изд. Наука, Москва, 1986, с.243.
21. Бобченко Б.М. и др. Система обработки фильмовой информации на базе стола "АИСТ". Тезисы I-го Всесоюзного семинара по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях, Душанбе, 1980. Изд. "Дониш" Душанбе, 1980, с.260.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 апреля 1988 года.